

Das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte bei Prüfstandbelastung, Arbeit und Sport

von

Bernd Krämer

aus

Aussig

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
und der Poliklinik für Berufskrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. H.Valentin)

Das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte bei Prüfstandbelastung, Arbeit und Sport

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Bernd Krämer

aus

Aussig

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. Dr. H. Pauly

Referent: Prof. Dr. H. Valentin

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 10. 1972

Herrn Professor Dr. med. H. V a l e n t i n
danke ich für die Überlassung des Themas und
für die mir stets zuteil gewordene Förderung.
Ferner danke ich Herrn Dr. med. G. S c h ä c k e
für die mir bei der Abfassung der Arbeit ge-
währte Unterstützung.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1.0 Einleitung mit Fragestellung	1
2.0 Methodik der Literaturstudie	4
3.0 Tabelle der ausgewerteten Literaturstellen der Jahre 1912 - 1969	8
3.1.1. Prüfstandbelastung bei Normalpersonen	8
3.1.2. Prüfstandbelastung bei Sportlern	80
3.1.3. Prüfstandbelastung bei Patienten	102
3.2. Sportliche Belastung	130
3.3. Belastung am Arbeitsplatz	138
4.0. Ergebnisse	147
4.1. Prüfstandbelastung bei männlichen Normalpersonen	147
4.1.1. während Einstufenbelastung	147
4.1.2. während Mehrstufenbelastung	154
4.2. Prüfstandbelastung bei weiblichen Normalpersonen	156
4.2.1. während Einstufenbelastung	156
4.2.2. während Mehrstufenbelastung	162
4.3. Prüfstandbelastung bei männlichen Sportlern	163
4.3.1. während Einstufenbelastung	163
4.3.2. während Mehrstufenbelastung	164
4.4. Prüfstandbelastung bei weiblichen Sportlern	166
4.4.1. während Einstufenbelastung	166
4.4.2. während Mehrstufenbelastung	166
4.5. Prüfstandbelastung bei Patienten	166
4.6. Ergebnisse bei sportlicher Belastung	169
4.7. Ergebnisse bei Belastung am Arbeitsplatz	171
5.0. Besprechung der Ergebnisse	172
6.0. Zusammenfassung	185
7.0. Literaturverzeichnis	188
8.0. Lebenslauf	210

1.0. Einleitung und Fragestellung

Das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte unter Belastung hat seit Beginn dieses Jahrhunderts zunehmend das Interesse der Physiologen und Kliniker gefunden. Herz, Kreislauf, Lungen und Blut bilden eine funktionelle Einheit. Sie stehen ganz wesentlich im Dienst des unbedingt lebensnotwendigen Gasaustauschs. In diesem Zusammenhang sind zahlreiche Kompensationsmöglichkeiten, große Regulationsbreiten und erhebliche Leistungsreserven von Bedeutung. Funktionelle Störungen oder organische Schäden können mannigfaltig und vielschichtig zu respiratorischen Insuffizienzen aus kardio-zirkulatorischer und pleuro-pulmonaler Ursache führen (Valentin et al., 1968; Valentin et al., 1969).

Im Rahmen der pulmo-kardialen Funktionsanalysen sind der arterielle O_2 - und CO_2 -Druck heute wichtige Parameter für den arbeitsmedizinisch tätigen Arzt. Nach Untersuchungen am venösen Tier- und Menschenblut von Strassburger (1872) und Krogh (1908) (zit. bei Rossier, 1956) beschrieben Hürter (1912) und Stadie (1919) als erste eine Methode zur arteriellen Blutentnahme. Sie leiteten damit eine Weiterentwicklung in der Untersuchung der arteriellen Blutgase zur Beurteilung des pulmo-kardialen Systems ein (Hasselbalch, 1912; Parsons et al., 1920; Barr, 1923; Bock et al., 1927; DuBois, 1932; Barcroft, 1919/20; Nielsen, 1936; Sendroy et al., 1934; Dill et al.,

1937; Knipping et al., 1938).

Riley (1945) und Mitarbeiter sowie Lillenthal (1946) und Mitarbeiter bemühten sich mit ihren Untersuchungen der Blutgase während dosierter Arbeitsbelastung in verschiedenen O_2 -Spannungen um die Erstellung von Normwerten, insbesondere des arteriellen O_2 - und CO_2 -Partialdruckes. Daraus ergaben sich Anregungen zu weiteren exakten wissenschaftlichen Untersuchungen und zur Entwicklung besserer Messmethoden der arteriellen Blutgase (Scholander et al., 1947; Bartels, 1951; Filley et al., 1954; Astrup et al., 1959).

Im letzten Jahrzehnt standen besonders die Belastungsversuche im Vordergrund, um Einblick in die Anpassungsfähigkeit von Atmung und Kreislauf an eine geforderte Arbeit zu erhalten.

Bemühungen um eine Standardisierung der Belastung führten neben der Verwendung von Lauf- und Stufentests zunehmend zur Benutzung der Fahrrad- und Drehkurbelergometer. Begriffe wie "steady-state"- und "vita maxima"-Belastung, Höchstleistungs- und Dauerleistungsgrenze, Arbeitsinsuffizienz und Ruheinsuffizienz wurden definiert und international eingeführt.

Die fortschreitende Tendenz in der Medizin zur Prävention, unterstützt durch subtile Methoden zur Messung

der Blutgaswerte, zielt auf eine frühzeitige Objektivierung latenter pulmonaler und/oder kardialer Insuffizienzen. Für den Hochleistungssport einerseits, als auch für die Begutachtung in der Arbeitsmedizin andererseits ergibt die Analyse der Blutgase einen Aufschluß über die ~~K~~ardio-pulmonale Leistungsbreite im Vergleich zu anderen biophysikalischen Parametern. Im Bereich der kurativen Medizin kann das Verhalten der Blutgase ein entscheidender Stellenwert für die Indikation chirurgischer Eingriffe sowie für die Effizienz von Rehabilitationsverfahren sein.

Die in den letzten Jahrzehnten zur Problematik der arteriellen Blutgase veröffentlichten Untersuchungsergebnisse sind inzwischen derart zahlreich geworden, daß es nunmehr angebracht erschien, einen Überblick bezüglich der untersuchten Kollektive, der Methodik und der Beurteilung der Messwerte zu erarbeiten.

2.0 Methodik der Literaturstudie

Zur Auswertung gelangten insgesamt 133 Veröffentlichungen anglo-amerikanischer, deutscher, skandinavischer sowie französischer und tschechoslowakischer Autoren.

Diesen Arbeiten liegt ein Untersuchungsgut von insgesamt 5.070 Probanden zugrunde. Die Verteilung nach Normalpersonen, Sportler und Patienten ergibt sich aus Tab. I.

Tab. I: Verteilung der erfaßten Kollektive nach Normalpersonen, Sportler und Patienten unter Berücksichtigung des Geschlechts.

	Normal- personen	Sportler	Patienten	
männlich	2.035	427	744	3.206
weiblich	435	18	105	558
nicht dif- ferenziert	553	77	676	1.306
n	3.023	522	1.525	5.070

Als "Normalpersonen" gelten Probanden, die von den Autoren als untrainiert und als klinisch gesund bezeichnet werden. Dabei reichen die Kriterien zur Kollektiveinschränkung vom anamnestischen Ausschluß bestimmter Erkrankungen (Woitowitz et al., 1969) bis zu aufwendigen lungenfunktionsanalytischen Untersuchungen.

Bei der Erarbeitung der Ergebnisse am Prüfstand wurde besonderer Wert auf eine Differenzierung des Belastungsmodus gelegt, d.h. auf Einstufenbelastung einerseits und "steady state" -Mehrstufenbelastung andererseits.

Aus statistischen Gründen erfolgte nach Möglichkeit eine Umrechnung der Belastungsstärke in Watt. Soweit es die Angaben zuließen, sind der Vollständigkeit halber Belastungsdauer und O_2 -Aufnahme angeführt, ebenso der O_2 -Gehalt der Inspirationsluft bzw. die Standorthöhe.

Die arteriellen Blutgase sind nach Ruhe-, Belastungs- und Erholungswerten differenziert aufgeführt, sofern sie von den Untersuchern getrennt beschrieben wurden.

Die tabellarisch dargestellten Ergebnisse sind nach folgenden Gesichtspunkten geordnet:

- Autor mit Jahreszahl
- Untersuchungsgut mit Altersangabe
- Methode der Blutgasuntersuchung von
Arterienblut bzw. arterialisiertem Kapillarblut
- Belastungsart
- Belastungsstärke in Watt (W)
- Belastungsdauer in Minuten (min)
- Sauerstoffverbrauch in L/min, STPD
- Luftverhältnisse in Vol % O₂ bzw. in m ü. NN
- Arterielle Blutgaswerte während Ruhe, Belastung
und Erholung

Tabelle der gebräuchlichen Abkürzungen (nach ROSSIER, 1956)
sowie der verwendeten Zeichen:

PaO_2	arterielle Sauerstoffspannung (mm Hg)
PaCO_2	arterielle Kohlensäurespannung (mm Hg)
p_H	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
Sa	arterielle Sauerstoffsättigung (%)
CaO_2	arterieller Sauerstoffgehalt (Vol.%)
CaCO_2	arterieller Kohlensäuregehalt (Vol.%)
STPD	"Normalverhältnisse" für Gasvolumen (0° C, 760 mm Hg, trocken)
BTPS	"Lungenverhältnisse" für Gasvolumen (Körpertemperatur, Druck z. Zt. der Untersuchung, wasserdampfgesättigt entsprechend Körpertemp.)
$\dot{\text{V}}_{\text{O}_2}$	Sauerstoffaufnahme (l/min, STPD)
$\dot{\text{V}}_\text{E}$	Atemvolumen (l/min)
"st.st."	"steady-state" -Belastung
"v.m."	"vita-maxima" -Belastung
RR	Blutdruck nach Riva-Rocci (mm Hg)
↓	Abfall
↑	Anstieg
△	Differenz-Wert
Ø	Mittelwert

3.1.1. Tabelle der ausgewerteten
über Prüfstandbelastung

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Harrop, G.A., jr. (1919)	1 weibl. 29 J.	Arterienpunkt.: O_2 -, CO_2 -Ghlt.: van Slyke	Arm- und Rumpfbewegungen, Umher- springen	15 min
Barcroft, J., A. Cooke (1919-20)	1 männl.	Arterienpunkt.: PaO_2 : rechner. O_2 -Sttg.: dto.	Fahrrad- ergometer	60,3-66,7 W 60 min
Parsons, T.R., W. Parsons, J. Barcroft (1920)	1 männl.	art. Kapillar- blut: p_H : Äquilibrier- methode	Fahrrad- ergometer (Martin)	106 W 36 min
				62,5 W 30 min
Arborelius, M., G. Liljenstrand (1923)	1 männl. 25 J.	art. Kapillarblut: p_H : Hasselbalch	Fahrrad- ergometer (Krogh)	65-158 W
				15,8 - 126,7 W

Literaturstellen der Jahre 1919 bis 1969
an Normalpersonen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe (RR:-140)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	Sa: 95,6 CaO ₂ :21,09 CaCO ₂ :53,33			85,5 19,19 32,25		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 60 Sa: 88,1			48 83,8		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	p _H : 7,43		7,35			
		p _H : 7,445		7,365			
2,488 max	O ₂ -Atmung 21 Vol%	p _H : 7,331 CaCO ₂ :48,9	7,296 45,9	7,246 43,2			
		p _H : 7,331 CaCO ₂ :48,9	7,34 41,5	7,265			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Arborelius, M., et al. (1923)	1 männl. 36 J.	CO ₂ -Gehalt: van Slyke		65-158 W.
				15,8 - 126,7 W
Barcroft, J., C.A. Binger, A.V. Bock, et al. (1923)	1 männl.	Arterienpunktion: p _H : rechnerisch	Fahrrad- ergometer	32,2 W
				62 W
				107 W
				max. 36 min 125,5 W
Barr, D.P., H.E. Himwich, R.P. Green (1923)	11 männl. 23-33 J. (Ø 28,2 J.)	PaCO ₂ : Haggard - Henderson p _H : Hasselbalch O ₂ - u. CO ₂ -Gehalt van Slyke	Fahrrad- ergometer (Krogh)	167,5 W 3,5 min
Barr, D.P., H.E. Himwich (1923)	5 männl. 28-32 J.	PaCO ₂ : Haggard- Henderson p _H : Hasselbalch O ₂ -u. CO ₂ -Gehalt:	Fahrrad ergometer (Krogh)	173 W 3,5 -7,5 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		$P_H: 7,330$ $CaCO_2: 48,9$	7,290 47,5	7,244 46,4			
		$P_H: 7,330$ $CaCO_2: 48,9$	7,30 40,7	7,22 39,2			
keine Angabe	4330 m ü.NN	$P_H: 7,45$			7,34		
		$P_H: 7,44$			7,35		
	0 m ü.NN	$P_H: 7,43$			7,35		
	$\hat{=}$ 21 Vol% O_2 Atmung	$P_H: 7,33$			7,215		
keine Angabe	O_2 -Atmung 21 Vol%	$PaCO_2: 44,0$ $\pm 7,5$			37,6 $\pm 9,5$		
		$P_H: 7,297$ $\pm 0,07$			7,196 $\pm 0,12$		
		Bikarbonat: $47,2 \pm 4,5$			33,8 $\pm 7,1$		
keine Angabe	O_2 -Atmung 21 Vol%	$PaCO_2: 42,6$ $\pm 3,9$			29,5 bis 52,2		
		$P_H: 7,31$ $\pm 0,03$			7,23 $\pm 0,05$		

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Barr, D.P., et al. (1923)		dto. van Slyke		
Barr, D.P. (1923)	4 männl.	p _H :Hasselbalch	Fahrrad- ergometer (Krogh)	167,5 W 3 - 5 min
Himwich, H.E., D.P. Barr (1923)	3 männl. 23-32 J.	O ₂ -Sättigung und O ₂ -Gehalt: van Slyke und Stadie	Fahrrad- ergometer (Krogh)	167,5 W 3,5 min
Ewig, W. (1926)	1 männl.	Arterienpunktion: PaCO ₂ :Haldane- Priestley p _H : Hasselbalch CO ₂ -Gehalt: van Slyke	festste- hendes Fahrrad	max. (bis zur Erschöpfung.) 3 - 4 min
Bock, A.V., C.van Cauilaert, D.B. Dill, A. Fölling, L.M. Hurxthal (1928)	4 männl. Ø 34 J.	PaCO ₂ :tonometr. O ₂ -u.CO ₂ -Gehalt: van Slyke und Neill	festste- hendes Fahrrad	bis 20 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse				
			Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	+30
		dto. Bikarbonat: 48,1 $\pm$ 2,0			39,6 $\pm$ 3,9		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	p _H : 7,29 (7,26-7,32)		7,19 (7,13- 7,25)	7,12 (7,07- 7,23)	7,23	
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	Sa: 94,3 CaCO ₂ :19,5		96,6 20,3	96,2 21,0		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :39,8 p _H : CaCO ₂ :52,6		48,5 7,20 46,3	27,8 7,24 25,2		
1	O ₂ -Atmung	CaCO ₂ :		rapid↓			
1,7	21 Vol%	CaCO ₂ :		rapid↓			
2		p _H : 7,43		7,35			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Ewig, W., R. Wiener (1928)	4 männl. Erwachsene	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :rechner. p _H :Chinhydron- elektrode Bikarbonat: Straub	festste- hendes Fahrrad: sitzend	max. 7 - 13 min (bis zur Erschöpfung.)
Edwards, H.T., M. Hochrein, D.B. Dill, L.J. Henderson (1929)	12 männl.	art.Blutgase: nach Nomogrammen von Henderson	Tretmühle	18 min
Hochrein, M., D.B. Dill, L.J.Henderson (1929)	1 männl. 31 J.	art.Blutgaswerte: nach Nomogrammen p _H : Henderson- Hasselbalch	Tretmühle	15 min
Dill, D.B., J.H. Talbott, H.T. Edwards (1930)	10 männl. Ø 30,3 J. (18-41)	art.Blutgaswerte: mit Äquilibrier- methode und nach van Slyke	Motor- Tretmühle: liegend	20 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse				
			Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe ($\dot{V}_{E}$ bis 50,6)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : P _H : 7,309 Bikarbonat: 48,8	↓	Ø 38,6 7,188 35,5		7,279 38,5	~48,8 (nach 120')
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : Ø 36,16 (31,3 bis 47,7)			Ø 37,04 (32,6 bis 43,5)		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97,0 PaCO ₂ : 38,1 P _H : 7,418			90,0 38,0 7,238		
2,45 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 39,0 P _H : 7,41	Ø 39,6	38,4 7,36			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Kaup, J. (1930)	keine Angabe	(art.O ₂ -u.CO ₂ - Gehalt nach van Slyke ?)	Fahrrad- ergometer	keine Angabe
Cullen, G.E., T.R.Harrison, J.A.Calhoun, W.E.Wilkins, M.M. Tims (1931)	2 männl./ weibl.	art.Blutgaswerte: PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H :Earle-Cullen O ₂ -u.CO ₂ -Gehalt: van Slyke und Neill	stehend Laufen (220 hohe Schritte pro min.)	max. Belastung 2 min
Dill, D.B., H.T.Edwards, A.Fölling, S.A.Oberg, A.M.Pappenhei- mer, J.H.Talbott (1931)	4 männl.	art.Blutgaswerte: nach eigenen Nomogrammen und Äquilibrium- methode	Fahrrad ergometer	keine Angabe
Nielsen, M., (1936)	1 männl. (mit and. im Ø 28,2 J.)	Arterienpunktion: p _H :Henderson - Hasselbalch CO ₂ -Gehalt:nach Krogh-Rehberg	Fahrrad ergometer (Krogh)	≈ 150 W 60 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse				
			Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	CaO ₂ :18,2	±0	±0			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :29,8 p _H : 7,56 Sa: 94,7			28,6 7,36 100		
1,94 (max.)	3048 m ü.NN	PaO ₂ :Ø58,2 PaCO ₂ : Ø32,4			Ø59,2 Ø27,2		
3,7 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	p _H : 7,40 CaCO ₂ : 49	7,36 40	7,41 44			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Dill, D.B., H.T. Edwards, E.V. Newman, R. Margaria (1937)	1 männl.	keine Angaben	Motor- Tretmühle	10 sec
				70 sec
				75 sec
Asmussen, E., M. Nielsen (1946)	keine Angaben (n= 12 bis 20)	keine Angaben	keine Angaben	241 W
Lilienthal, J.L., R.L. Riley, D.D. Proemmel, R.E. Franke (1946)	6 männl. Ø 33 J. (28-36 J.)	Arterienpunktion: Blutgaswerte mit "direct- bubble"-Methode	Motor - Tret- mühle	keine Angaben
Riley, R.L., J.L. Lilienthal, D.D. Proemmel, R.E. Franke (1946)	keine Angabe	Arterienpunktion: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Riley, Proemmel und Franke p _H : Henderson - Hasselbalch	Fahrrad- ergometer bzw. Tret- mühle	184 W
		p _H : Glaselektro- de (Mc Innes)		

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	CaCO ₂ :51,9				+	++
						52,5	50,3
						+	
						46,3	
						+	++
						48,1	49,6
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	Sa:97,5 ±0,6		95,7 ±0,7			
1,665	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :94,2 PaCO ₂ :37,8		88,9 40,7			
1,521	4000 - 5000 m ü.NN	PaO ₂ :36,3		37,4			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 91,4 PaCO ₂ :41,6 P _H :7,43		81,7 43,5 7,38			
		P _H : 7,445		7,36			

+ 1h nach Belastung
++ 2h nach Belastung

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methoden	Arbeits- belastung	
Galdston, M., A.C.Wollack (1947)	9 männl. 19-25 J.	art.Blutgaswerte: Riley, Proemmel, Franke, p _H : Glas- elektrode	Fahrrad- ergometer	100 - 200 W 2 - 12 min
Bahnson, E.R., S.M.Horvath, J.H.Comroe, jr. (1949)	3 männl. jugendlich	keine Angaben (evtl. rech- nerisch)	feststehend. Fahrrad	passive Bewegung
Bruce, A.R., R.Pearson, F.W.Lovejoy, P.N.G. Yu, G.B. Brothers (1949)	20 männl. Ø 30,2 J. 15 weibl. Ø 32,2 J.	art.O ₂ -Sttg.: oxymetrisch	Tretmühle	keine Angaben
Rossier, P.H., A. Bühlmann (1950)	männl./ weibl.	PaO ₂ : polarograph. nach Wiesinger PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode nach Michaelis art.O ₂ - Sttg.:	Fahrrad- ergometer	min. bis max.

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung				
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
bis 1,68 (max.)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97 (87-102) PaCO ₂ : 42 (44 ⁺) pH: 7,41			110 (92- 118) 41 7,28		
$\dot{V}_E$ erhöht bis zu 55%	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : pH:			± 0 ± 0		
0,69 - 0,72	O ₂ - Atmung 21 Vol%	Sa : 95±1		95±2	95±2		
		Sa: 96±3		97±4	98±4		
min.0,8 bis 2,2 max.	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : pH: Sa: CaCO ₂ :	keine	wesentlichen ±0 ++ Δ0,01- 0,03↓ kein Abfall geringer Abfall	Änderungen		

+ Henderson - Hasselbalch- Methode

++ (oder geringer Abfall)

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methoden	Arbeits- belastung	
Rossier, P.H., et al. (1950)		dto. Haldane CO ₂ -Gehalt: van Slyke		
Suskind, M. R.A. Bruce, M.E. Mc Dowell, P.NG. Yu, F.W. Lovejoy (1950)	8 männl. 2 weibl. 22-37 J.	PaO ₂ u. PaCO ₂ : Mikromethode Riley p _H : Nomogramm Sendroy art.O ₂ - u. CO ₂ - Gehalt: nach Slyke	Tretmühle	3 bis 5 min
Bühlmann, A., J.R. Hofstetter (1951)	(20) männl.	art. Kapillarblut: PaO ₂ : mikroanalyt.	Ergostat (Fleisch):	150 - 180 W
	(20) weibl.	PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glas- elektrode art.O ₂ - u. CO ₂ - Gehalt: van Slyke	liegend	100 - 130 W 5 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
0,592 pro m ² BSA	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 98 ±0,1 PaCO ₂ : 36 ±3,6	84 ± 7,8	88 ± 6,0 41,6 ±3,5	95- 99 35,4 bis 34,8		
keine Angabe	2000 m ü.NN	PaCO ₂ : 35,6- 39,3 p _H : 7,40 Sa: 96		27,2 -37,4 7,38 -7,32 90,6- 93,3			
	500 m ü.NN ≈ 21 Vol% O ₂	PaCO ₂ : p _H : Sa:		± 0 ± 0 ± 0			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methoden	Arbeits- belastung	
Hickam, J.B., W.W. Pryor, E.B. Page, R.J. Atwell (1951)	11 männl. 22 - 35 J.	art.Blutgaswerte: PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode art.O ₂ -Sttg.u. O ₂ -Gehalt: Spektrophotometr. art.CO ₂ -Gehalt: van Slyke	Motor- Tretmühle	8 min 20 sec
Björk, O., P.A. Michas, L.G. Ugglä (1953)	18 männl. 11 weibl. Ø 28,3 J. (14 - 62 J)	Arterienpunktion: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Riley-Proemmel- Franke O ₂ - u. CO ₂ - Gehalt: van Slyke und Neill	Fahrrad- ergometer	50,2 W 10 min
Bannister, R.G., D.J.C. Cunningham ham (1954)	4 männl. 22-36 J.	art.Blutgaswerte: keine Angaben	Motor- Tretmühle	keine Angaben

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung				
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
$\dot{V}E: 57,8$ $\pm 4,6$	O_2 -Atmung 21 Vol%	$PaCO_2: 43,3$ $\pm 1,5$ $pH: 7,37$ $\pm 0,01$ $Sa: 98,3$		47,6 $\pm 2,1$ 7,22 $\pm 0,02$ 96,1			
keine Angabe	O_2 -Atmung	$PaO_2: 86,3$ $\pm 1,08$ (71,5- 100,1) $PaCO_2: 35,0$ $\pm 1,44$ (17,5- 52,3) $Sa: 94,0$ $\pm 0,41$ (88,7- 97,5) $CaCO_2: 46,8$ $\pm 0,73$		85,4 $\pm 1,68$ (71,0- 97,8) 36,8 $\pm 1,89$ (24,5- 53,2) 93,6 $\pm 0,77$ (84,1- 98,2) 44,1 $\pm 0,88$			
$\dot{V}E: 100$ (max.)	O_2 -Atmung 21 Vol%	$PaO_2:$	↓	↓			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Filley, G.F., F. Gregoire, G.W. Wright (1954)	36 männl. Ø 41 J. (23-60 J.)	art.Blutgaswerte: PaO ₂ u. PaCO ₂ : nach Riley, Proemmel, Franke, p _H : Hastings- Sendroy art.O ₂ -u.CO ₂ -Ge- halt van Slyke und Neill	Motor- Tretmühle	5,5 - 6 min
Riley, R.L., R.H. Shepard, J.E.Cohn, D.G. Carroll, B.W. Armstrong (1954)	3 männl. (33,37,66 J.)	Arterienpunktion: PaCO ₂ : nach Riley, Proemmel, Franke		7 - 13 min
Bartels, H., R. Beer, H.P.Koepchen, J. Wenner, I.Witt (1955)	10 männl.	Arterienpunktion: PaO ₂ : HOT	Fahrrad- ergometer	83 W
	4 weibl. (20 - 33 J)	PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode art:O ₂ - u.CO ₂ - Gehalt: van Slyke		67 W

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
1,077	490 m ü.NN	PaO_2 : 85,1 $PaCO_2$: 38,0 -38,8 P_H : 7,44 $CaCO_2$: 49,15		82,5 ± 0 7,388 42,0			
0,746	O_2 - Atmung 21 Vol%	$PaCO_2$:		35,8			
1,198		$PaCO_2$:		39,6			
2,027		$PaCO_2$:		32,9			
1,656	O_2 - Atmung 21 Vol%	PaO_2 :		$\Delta +2,3$ (-9,5 bis +19)			
1,403		$PaCO_2$: P_H : Sa: $CaCO_2$:		$\Delta -1,77$ (-4,8 bis +1,2) $\Delta 0,013$ $\Delta +0,1$ $\Delta -4,12$			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Bartels, H., H.P.Koepchen, I.Lühning, M.Mochizuki, I.Witt (1955)	8 männl. 6 weibl. 20-34 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Platinelek. PaCO ₂ :Henderson p _H :Henderson- Hasselbalch	Fahrrad- ergometer	75 ± 8,5 W 11 - 12 min
Bühlmann, A., F.Schaub, P.Luchsinger (1955)	5 männl./ weibl. jugendlich	art.Kapillarblut: PaO ₂ : mikroanalyt. PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H :Glaselektrode art.O ₂ -u.CO ₂ -Ge- halt: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Fleisch): liegend	40 - 170 W im st.st. 15 - 20 min
Asmussen, E., M.Nielsen (1957)	x männl. jugendlich	art.Blutgaswerte PaO ₂ u. PaCO ₂ : nach Krogh's "bubble method"	Fahrrad- ergometer (Krogh)	keine Angaben
Asmussen, E., M.Nielsen (1957)	4 männl. 20-23 J.	art.Blutgaswerte: PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H :Glaselektrode PHM 3	Fahrrad- ergometer (Krogh): Liegesitz	60,2 - 180,6 W st.st.

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung		
			Belastung				
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
1,734 (max.)	O ₂ - Atmung ca.50 Vol%	PaO ₂ :270,9 PaCO ₂ :38,5 p _H :7,416		262,6 40,7(?) 7,378			
bis 2 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	* PaO ₂ :90-95 * PaCO ₂ :37-41 * p _H :7,34 - 7,41		85-90 33-36 7,30 - 7,35			
1,8 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		84↓ (78 - 89)			
3,3 (max.)		PaO ₂ :		86↓ (82 - 91)			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :		44,2			
	12,1-12,3 Vol%	PaCO ₂ :		29,9			

*) Werte aus graphischer Darstellung entnommen

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Asmussen, E., M. Nielsen (1958)	17 männl. jugendlich	art.Blutgaswerte: PaO ₂ u. PaCO ₂ : nach Krogh's "bubble-method"	Fahrrad- ergometer (Krogh): Liegesitz	120,5 W 10 min
				238 W 10 min
Mitchell, J.H., B.J. Sproule, C.B. Chapman (1958)	männl./ weibl.	Arterienpunktion: PaO ₂ : polarograph. PaCO ₂ : rech- nerisch	Tretmühle	keine Angabe
Mitchell, J.H. B.J. Sproule, C.B. Chapman (1958)	65 männl. Ø 31,5 J. (20-50 J.)	Arterienpunktion: PaO ₂ : polarograph. PaCO ₂ : Singer- Hastings p _H : p _H -Meter O ₂ - u. CO ₂ - Ge- halt: van Slyke und Neill	Motor- Tretmühle	keine Angabe

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
- 3,30 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : Ø 87 (79 - 96) PaCO ₂ : Ø 37 (32 - 40)		Ø 87 (79-96) Ø 40 (37-43)			
		PaO ₂ : Ø 87 (79-96) PaCO ₂ : Ø 37 (32 - 40)		Ø 86 (80-94) Ø 35 (32-38)			
(max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 87 ± 9 PaCO ₂ : p _H : 7,40		88±12 ± 0 7,19	↑ geringer ± 0 ↓		~7,40
Ø 3,21 (2,46- 3,37)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 87±9 p _H : 7,40 ± 0,04 Sa : 97,1 ± 3,1		88±12 7,19 ± 0,09 94,7 ± 2,6			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Mitchell, J.H., B.J. Sproule, C.B. Chapman (1958)	24 männl. 20-43 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : polarogr. PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : P _H -Meter O ₂ -u. CO ₂ -Gehalt: nach van Slyke und Neill	Motor- Tret- mühle	2 min 30 sec
Sadoul, P., C. Saunier, J. Milic-Emili (1958)	8 männl. 27-40 J.	Arterienpunktion: keine Angabe	Ergostat (Fleisch)	1/2 max.
				* max.
				** > max.
Bühlmann, A., P.H. Rossier, (1959)	235 männl. weibl.	art. Kapillarblut: PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode O ₂ -Sttg.: Haldane- Barcroft	Fahrrad- ergometer (Fleisch): sitzend	50 - 120 W st.st. bis 15 min
				130 - 180 W st.st. bis 15 min

* ohne alveoläre Hyperventilation

** mit alveolärer Hyperventilation

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
2,81	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :85 ±13 PaCO ₂ :39 ± 4 P _H : 7,39		86±14 40± 6 7,28	87± 9 36± 6 7,20		
3,09		PaO ₂ :85±13 PaCO ₂ : 39±4 P _H : 7,39		89±12 38± 6 7,23	90±13 33± 8 7,19		
3,27		PaO ₂ :85±13 PaCO ₂ :39± 4 P _H : 7,39		91±13 36± 6 7,19	82±10 32± 7 7,23		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	P _H :		± 0			
		P _H :		7,39↓			
		P _H :		7,37 -7,28↓			
bis 1,5 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :38,0 ±2,0 P _H : 7,40 ±0,02 Sa: 95-98	* 36± 3 7,35 ± 0	35± 3 7,34 ± 0			
1,5-2,2		PaCO ₂ :38,0 ± 2 P _H : 7,40 ±0,02	35,0 ± 3 7,33				

* wesentliche Änderungen während der ersten 5 Belastungsminuten

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Joss, E. (1959)	1 männl. 26 J.	art.Blutgaswerte keine Angabe	Fahrrad ergometer (Fleisch)	60 W st. st.
				120 W st. st.
				180 W st. st.
				220 W st. st.
Lambertsen, Ch.J., S.G.Owen, H.Wendel, M.W.Stroud, A.A.Lurie, W.Lochner, G.F.Clark (1959)	12 männl. Ø 22,7 J. (19-32 J.)	Arterienpunktion : PaO ₂ u. PaCO ₂ : rechnerisch p _H : Glaselektrode Mc Innes O ₂ -u. CO ₂ -Gehalt: nach van Slyke und Neill	Ergometer "unicycle" liegend	128,8 W 23 min
				124,9 W 23 min
				124,4 W 23 min

• $\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
0,85	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 95 PaCO ₂ :44,8 p _H : 7,37 Sa: 97,2		93 43,8 7,38 95,8			
1,53		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : Sa:		96 44,2 7,36 96,6			
2,3		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : Sa :		70,5 40,1 7,31 91,2			
2,6 (max.)		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : Sa:		72 32,8 7,28 91,0			
2,073 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 90 PaCO ₂ :41,3 p _H :7,412		95 36,2 7,357			
1,903		PaO ₂ : 90 PaCO ₂ :41,3 p _H : 7,412		97 35,2 7,365			
	O ₂ -Atmung 100 Vol%	PaO ₂ :		1190			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Lambertsen, Ch. J. et al. (1959)				
Linderholm, H. (1959)	* 130 männl. weibl.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Quecksilber- Tropfelektrode PaCO ₂ : rechnerisch mit p _H	Fahrrad- ergometer: sitzend	** 83,7 bzw. 150,6 W 15 min
Abelin, Th., M. Scherrer (1960)	7 männl. 22-26 J.	art. Blutgaswerte: PaO ₂ : Dill-Seve- ringhaus PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch Bikarbonat: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Fleisch): sitzend	100-140 W 14-15 min
				150-190 W 14-15 min
				200-230 W 14-15 min
				240-260 W 14-15 min
Asmussen, E., M. Nielsen (1960)	männl. jugendlich	art. Blutgaswerte: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Krogh's "bubble method"	Fahrrad- ergometer: Rücken- lehne	keine Angaben

* Anzahl von Normpersonen und Patienten

** weibl. bzw. männl.

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		dto. PaCO ₂ : p _H :		38,8 7,400			
Ø 1,91 (RR:150- 170)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97 PaCO ₂ : 36		90 38			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		± 0			
		p _H :		± 0			
		Bikarbonat:		± 0			
		PaO ₂ :		± 0			
		p _H :	Δ0,04↓	Δ0,02↑			
		Bikarbonat:	Δ6-8↓	Δ1-4↑			
		PaO ₂ :		Δ4↓			
		p _H :	Δ0,05↓	7,40- 7,35			
		Bikarbonat:		Δ8-13↓			
		PaO ₂ :		Δ5-12↓			
1,49	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 87,6 PaCO ₂ : 36,9		88,7 40,1			

* Absinken auf Hälfte des Ausgangswertes.

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Asmussen, E., et al. (1960)				
Doll, E., K.König, H.Reindell (1960)	20 männl. 20-30 J.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ :Hg-Elektro- de nach Bartels PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch O ₂ -u.CO ₂ -Ghlt: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Fleisch) liegend	100 bis Ø 212 W ca.8 min "st.st."
Frieheoff, F.J. (1960)	19 männl. Ø 47 J.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ :Bartels-Lauer- (HOT) PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H :Glaselektro- de CO ₂ -Ghlt: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	Ø 90 W 7 min
				120 W 10 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
1,82		PaO ₂ : 87,6 PaCO ₂ : 36,9		84,7 39,1			
2,89		PaO ₂ : 87,6 PaCO ₂ : 36,9		83,8 37,3			
3,30		PaO ₂ : 87,6 PaCO ₂ : 36,9		87,6 36,7			
3,49 (max.)		PaO ₂ : 87,6 PaCO ₂ : 36,9		87,9 29,1			
2,89 - 3,30	O ₂ -Atmung 12 Vol%	PaO ₂ : 35,8 PaCO ₂ : 33,6		38,4 29,8			
Ø 2,376 (max.)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 99,1 PaCO ₂ : 41,6 Bikarbonat: 43,32	90,1	± 0 40,25 36,40			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97,7 PaCO ₂ : 32,9 p _H : 7,414 CaCO ₂ : 48,13		91,5 33,3 7,389 46,45			
		PaO ₂ : 93,3 PaCO ₂ : 38,5 p _H : 7,399 CaCO ₂ : 54,4	89,1 39,3	88,1 ± 0 7,373 51,9	93,6 36,9 7,393		

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Frieheoff, F.J. (1960)				120-200 W 10 min
Julich, H. (1960)	männl.	art.Blutgaswerte: keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Witschi, H.P., M. Scherrer (1960)	10 männl. 20-32 J.	Arterienpunktion: PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode Michaelis	Fahrrad- ergometer (Fleisch)	60 W
				120 W
Mc Ilroy, M.B., A. Holmgren (1961)	30 männl./ weibl.	art.Blutgaswerte PaO ₂ u. PaCO ₂ : mit Elektroden	Fahrrad- ergometer	6 min
Kubicek, F., M. Scherrer (1962)	1 männl. 35 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Platinelek- trode nach Clark PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselektrode	Fahrrad- ergometer (Fleisch): halb- liegend	170 W 15 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 93,2 PaCO ₂ : 37,3 p _H : 7,404 CaCO ₂ : 53,14		88,5 ± 0 7,373 49,75			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :			Δ10 ↑		↓ **
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 43,2		43,8			
		PaCO ₂ : 45,9		43,6			
(RR: -170)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ :		Δ10 ↑ <40 ↓			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 20,9 Vol%	PaO ₂ : 86 PaCO ₂ : 39,4 p _H : 7,39 PaO ₂ : *86 PaCO ₂ : *39,4 p _H : *7,39		89 35,2 7,32 *88 *32,9 *7,31			
	O ₂ -Atmung 16 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		62 29,6 7,36 *55 *27,1 *7,37			

* Blutgaswerte nach Aderlass von 1600 cm³ Blut (Hämatokrit 41%)

** Absinken auf Ruhewert

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Kubicek, F., et al. (1962)				
Muysers, K., F. Siehoff, G. Worth, L. Gasthaus (1962)	41 männl. (Arbeiter) 50-60 J. *444 männl. (Bergleute) 50-60 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Elektroden nach Gleichmann und Lübbbers p _H : Elektrode nach Siggaard- Andersen	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	125 W 5 min
West, J.B., S. Lahiri, M.B. Gill, J.S. Milledge, L.G.C.E. Pugh, M.P. Ward (1962)	6 männl. 23-50 J. Ø 33 J.	art.Kapillarblut: PaO ₂ :rechnerisch O ₂ -Sttg.: oxymetr.	festste- hendes Fahrrad	50,2 W
				100,4 W

* Anzahl zusammen mit an Silikose erkrankten Bergleuten

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
	O ₂ -Atmung 72 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : P _H : PaO ₂ : PaCO ₂ : P _H :		385 39,5 7,36 *420 *38,1 *7,36			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 88,1 PaCO ₂ : 38,7 P _H : 7,410		86,1 37,8 7,367	93,7 36,6 7,392		
		PaO ₂ :		↑(in 85%)			
2,26 (max.)	5795 m ü. NN	PaO ₂ : 35,6		31,0			
		Sa : 69,3		59,4			
		PaO ₂ : 35,6		28,1			
		Sa : 69,3		53,5			

* Blutgaswerte nach Aderlass von 1600 cm³ Blut (Hämatokrit 41%)

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Barr, P.O. (1963)	9 männl. Ø 27 J. (22-36 J.)	Arterienkanüle: PaO ₂ :Severing- haus PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H : Sendroy O ₂ -Sttg.:van Slyke-Neill	Zentri- fuge *	2 min
Hesser, C.M., G. Matell (1963)	einige männl. jugendl.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ u.PaCO ₂ : rechnerisch	sitzend	104,5 W 6 min
				62-112 W 6 min
Matell, G. (1963)	7 männl. 21-26 J. Ø 23 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ :Severinghaus PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H : oxymetrisch	Fahrrad- ergometer: sitzend	104,5 W 6 min
Ulmer, W.T., G.Reichel (1963)	** 88 männl. bis 30 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ u.PaCO ₂ :	Fahrrad- ergometer:	120 W 6 min
	30-40 J.	Elektroden nach Gleichmann und Lübbbers	liegend	
	40-50 J.			
	50-60 J.			

* Beschleunigung von 5 G

** Gesamtzahl für alle Altersgruppen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
0,41 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 90,1 ± 0,7 PaCO ₂ : 38,1 ± 0,7 pH: 7,407 Sa: 96,2		58,0 ± 5,8 35,5 ± 1,1 7,434	79,4 37,5 7,395		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :	↑	↑			
		PaO ₂ :	↑	↑			
1,587 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 87,0 PaCO ₂ : 37,9 (*[H ⁺]: 37,3		92,1 41,0 41,3)			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 90,96 PaCO ₂ : 39,3		89 40,5	95,38 38,6		
		PaO ₂ : 88,96 PaCO ₂ : 36,4		84 39,6	94,0 38,0		
		PaO ₂ : 86,56 PaCO ₂ : 36,6		83 38,6	91,0 38,0		
		PaO ₂ : 80,75 PaCO ₂ : 37,0		84,3 39,4	90,0 35,5		

* Wasserstoffionenkonzentration in mμM/l

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Ulmer, W.T., et al. (1963)				
	30 männl. Ø 32 J.		sitzend	
Vreden, E. (1963)	*93 männl./ weibl.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ , PaCO ₂ u. p _H : Combianalysator und Mikrograph	Fahrrad- ergometer (Lohde)	100-160 W 8 -10 min (st.st.)
Worth, G., K.Muysers, E.Siehoff (1963)	**73 männl. 20-60 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Elektroden nach Gleichmann und Lübbers	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	125 W
	***50 männl. 20-60 J.			
Barr, P.O., M.Beckmann, H.Bjurstedt, J.Brismar, C.M. Hesser, G. Matell (1964)	8 männl. Ø 21,6 J. (20-24 J.)	Arterienpunktion: PaO ₂ :Severinghaus PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H : van Slyke und Sendroy	Fahrrad- ergometer (v.Döbeln) sitzend	67 W 6 min
				117 W 6 min
Holmgren, A., M.B.Mc Ilroy (1964)	10 männl. 20-37 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Elektroden nach Severinghaus und Bradley	Fahrrad- ergometer	50 W 6 min (st.st.)

* Anzahl zusammen mit Patientengut

** nicht staubexponierte Arbeiter

*** Bergleute ohne Silikose

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 79,70 PaCO ₂ : 38,8		80,5 38,2	92,8 37,4		
		PaO ₂ : 86		90			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : *PaO ₂ : *PaCO ₂ :	↓ ↑ ↑ ↓	80 40-45 ↓ ↑	RW ↑ ↓ geringer		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 75-80 ** PaCO ₂ :	± 0	± 0 ↑ ↓			
		PaO ₂ : 65-67 ** PaCO ₂ :	± 0	± 0 ↑ ↓			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93,0 PaCO ₂ : 37,1 pH : 7,407	91,1 40,3 7,384	98,8 39,3 7,391	102,8 36,9 7,405	95,9 37,9 ± 0	
		PaO ₂ : 92,7 pH : 7,414	86,8	98,3 7,377	104,4 7,40	96,2 ± 0	
Keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 90 (75-118) PaCO ₂ : 41 (36-44) pH : 7,41 (7,38-7,43)		99 40 7,39			

* Normpersonen mit willkürlicher oder unwillkürlicher Hyperventilation während Belastung

** keine eindeutigen Differenzen zwischen Ruhe-u. Belastungswerten

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Holmgren, A., et al. (1964)		p _H : Glas- elektrode nach Beckmann		100 W 6 min (st.st.)
				150 W 6 min (st.st.)
				200 W 6 min (st.st.)
Klink, H., J. Bürkmann (1964)	6 männl./ weibl.	Arterienkanüle: PaO ₂ :HOT(tropfen- de Hg-Elektrode) O ₂ -Sttg.: oxymatr.	Kurbel- ergometer	60-100 W 2 - 4 min
Nöcker, J. (1964)	männl./ weibl.	art.Blutgaswerte: keine Angabe	keine Angabe	10 min
Doll, E., J. Keul, H. Steim, Chr.Maiwald, H.Reindell (1965)	10 männl. Ø 26 J.	art.Kapillarblut: PaO ₂ :Elektroden nach Gleichmann und Lübbers PaCO ₂ :Siggaard- Andersen p _H : Glaselektro- de AME I	Ergometer (Elema- Schölander) liegend	100 W 12 min (st.st.)
				200 W 12 min (st.st.)

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		95 40 7,37			
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		97 38 7,34			
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		98 36 7,33			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 88 Sa. : 97,5			104 98,5	84 98,0	
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	p _H : 7,30		7,15	7,10		~ RW
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 102,4 PaCO ₂ : 35,6 p _H : 7,445		100,8 37,7 7,389			
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		97,9 29,8 7,338	116,4 25,1 7,30		98,7 33,4 7,429

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Marx, H.H., H.E. Zühlke, B. Schütze (1965)	10 männl. jugendlich	art.Kapillarblut: p_H : nach Astrup	Fahrrad- ergometer	60 W 12 min (st.-st.)
				90 W 18 min (st.-st.)
				150 W 30 min (st.-st.)
Astrand, P.O. (1966)	6 männl. jugendlich	art.Blutgaswerte: keine Angaben	Fahrrad- ergometer	submax.
				max.
Bouhuys, A., J. Pool, R.A.Binkhorst, P.van Leeuwen (1966)	* 50 männl. 22-29 J.	art.Kapillarblut: $PaCO_2$: Siggaard- Andersen	Fahrrad- ergometer	max. 5-7 min (st.-st.)
	30 - 39 J.	p_H : thermostabile Glaselektro- de		

* Anzahl für sämtliche Altersgruppen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung		0-5	-15	-30
			Mitte	Ende			
2,0 (max.)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :	± 0	± 0			
		p _H : 7,420		± 0			
		PaO ₂ : p _H :		± 0 ↓ 7,39			
		*PaO ₂ : p _H :		↓ * 7,36			
keine Angabe	0 m ü. NN	Sa : 97 CaO ₂ : 17,5			96 17,7		
	** 4000 m ü. NN	Sa : 70 CaO ₂ : 13,1			69 13,0		
	0 m ü. NN	Sa : 97 CaO ₂ : 17,5			95 18,0		
	** 4000 m ü. NN	Sa : 70 CaO ₂ : 13,1			72 13,3		
3,12 ±0,55	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 41,8 ±0,58 p _H : 7,404			*** 37,0 ±3,8 7,21	*** 7,19	*** 7,19
2,81 ±0,43		PaCO ₂ : p _H :			37,6 ±0,5 7,20	7,19	7,18

* PaO₂-Abfall erst nach Erreichen der Dauerleistungsgrenze

** mittels Unterdruckkammer

*** Erholungswerte: sofort, 2 - 3 min, 3 - 4 min

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Bouhuys, A., et al. (1966)	40-49 J.			
	50-60 J.			
Dempsey, J.A., W. Reddan, J. Raukin, B. Balke (1966)	12 männl. Ø 24,3 J. (18-37 J.)	Arterienkanüle: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ : und p _H : Astrup-Methode	Fahrrad- ergometer	"st.st." Beginn mit 50 W
Doll, E. (1966)	25 männl./ weibl. Erwachsene	art.Kapillarblut: keine Angaben	Fahrrad- ergometer	50-200 W "st.-st."
Doll, E., J. Keul, Chr.Maiwald, H. Reindell (1966)	14 männl. 20-30 J.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ : Gleichmann- Lübbers PaCO ₂ : Siggaard- Andersen p _H : Gaselektro- de AME I	Fahrrad- ergometer (Elema)	100-200 W "st.-st."

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
2,59 $\pm 0,49$		PaCO ₂ :			39,8 $\pm 3,7$ 7,21	7,22	7,22
		P _H :					
2,35 $\pm 0,43$		PaCO ₂ :			36,9		
		P _H :			7,22	7,22	7,23
1,5	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 92		88			
		PaCO ₂ : 38,5		42			
2,0		PaO ₂ :		85			
		PaCO ₂ :		42,5			
2,5		PaO ₂ :		85			
		PaCO ₂ :		40			
3,0		PaO ₂ :		87			
		PaCO ₂ :		34			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		kein ↓			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 98,0	99,4	96,2	113,8	99,2	91,3
		PaCO ₂ : 36,6	36,1	29,8	26,3		32,9
		P _H : 7,435	7,415	7,312	7,284		7,417

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Gurtner, H.P., M.F. Keller, C. Salzmann (1966)	12 männl. 24 ⁺ 1,7 J.	Arterienpunktion: O ₂ -Sttg.: re- flektometrisch	Tretergo- meter (Fleisch) liegend	80 W
				160 W
Jones, N.L., G.J.R.Mc Hardy, A. Naimark, E.J.M.Campbell (1966)	17 männl. 21-37 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Beckmann- Elektrode PaCO ₂ : Severing- haus- Elektrode	Fahrrad- ergometer	50 W 4 min
				150 W. 4 min. (st.-st.)
Malmberg, R. (1966)	10 männl. 23-57 J. 10 weibl. 19-58 J.	Arterienkanüle: PaO ₂ : Gleichmann- Lübbers PaCO ₂ : und p _H : Berglund et al.	sitzend	52 W 10 min
			liegend	
Podlesch, I., M. Stevanovic (1966)	24 männl. 21-30 J.	art.Kapillarblut: PaO ₂ , PaCO ₂ u. p _H :	Fahrrad- ergometer	80 W 2,5 min
	18 männl. 31-40 J.	Gleichmann-Lüb- bers, Astrup	(Fa.Jäger) liegend	

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung		0-5	-15	-30
			Mitte	Ende			
1,129	O ₂ -Atmung 21 Vol%	Sa : 96,8 ± 1,35			96,5 ± 1,9		
2,084		Sa :			96,8 ± 2,0		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 36,7		42,4			
		PaCO ₂ :		37,8			
0,99	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93 [±] 9 PaCO ₂ : 38,4 ± 4,1 p _H : 7,409 Sa: 97,2 ± 1,6		98 [±] 7 39,2 ± 4,2 7,385 97,6 ± 1,6			
1,04		PaO ₂ : 93 [±] 12 PaCO ₂ : 39,1 ± 5,2 p _H : 7,415 Sa: 97,1 ± 1,7		95 [±] 10 39,3 ± 3,8 7,386 96,4 ± 1,8			
Ø 1,098 (max.)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 89,8 PaCO ₂ : 41,8		90,8 43,1			
		PaO ₂ : 83,6 PaCO ₂ : 40,2		83,7 39,5			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Podlesch, I., et al. (1966)	14 männl. 41-50 J.			
	18 männl. 51-59 J.			
	5 männl. 61-66 J.			
Scherrer, M., J. Holder (1966)	12 männl. 18-26 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Platin- Elektrode	Fahrrad- ergometer	keine Angabe
	9 weibl. 17-21 J.			
Scherrer, M. (1966)	9 männl. Ø 50 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ : rechnerisch	Fahrrad- ergometer sitzend	15 - 20 min
Venrath, H. (1966)	* 22 männl. jugendl.	art. Blutgaswerte: keine Angabe	Fahrrad- ergometer	100 W "st.st."
				150 W "st.st."
				~ 300 W "st.st."

* Anzahl zusammen mit Sportlern

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 82,8		89,5			
		PaCO ₂ : 39,0		40,7			
		PaO ₂ : 81,7		83,3			
		PaCO ₂ : 38,7		40,3			
		PaO ₂ : 84,6		--			
		PaCO ₂ : 40,6		--			
bis 3,4 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		85-96			
		PaO ₂ :		88-98			
1,4-2,3	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 80,0		82			
	O ₂ - Atmung 16 Vol% ± 2750 m ü.NN	PaO ₂ :		54			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 90		94-95			
		PaCO ₂ : 43		± 0			
		PaO ₂ :		± 0			
		PaCO ₂ :		± 0			
		PaO ₂ :		± 0			
		PaCO ₂ :		~ 35			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Ekelund, L.G. (1967)	29 männl. Ø 23,2 J. (19-30 J.)	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark-Elek- trode PaCO ₂ : Severing- haus-Brad- ley-Elek- trode pH: Andersen	Fahrrad- ergometer (Holmgren): sitzend	184 W
Fabel, H. (1967)	5 männl./ weibl.	Arterienpunktion PaO ₂ : Platin- elektrode (?)		100 W 5 min
Hanson, J.S., B.S. Tabakin, A.M. Levy (1967)	5 männl. 22-25 J.	art. Kapillarblut: PaO ₂ : Polipropylen- beschichtete Elektrode PaCO ₂ : Teflon- besch. Elektrode pH: polarograph.	Tretmühle	5-6 min
				4 min
				2 min
Hansen, J.E., G.P. Stelter, J.A. Vogel (1967)	1 männl.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ : Severing- haus pH: Radiometer	Fahrrad- ergometer liegend/ sitzend	60 W "st.st."
				bis 120 W "st.st."
				bis 255 W "st.st." bis 25 min max.

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung Mitte	Belastung Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : pH:	± 0 geringer ↓	± 0 ↑ bis RW			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 89	82-83	86	94-95	90	
Ø 1,461	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ :		90,8- 92,2 39,0- 39,4			
* 1,32-1,44		PaO ₂ : PaCO ₂ :	84,6- 86,8	86,6- 86,9 41,3			
** 1,56		PaO ₂ : PaCO ₂ :	90,7 39,6	91,6 39,7			
38,4 max. (ml/min. per kg BW.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93 ***		99			
		PaO ₂ : 101		104			
		PaO ₂ : ***		98			
		PaO ₂ : ***		106			
		PaO ₂ : ***		106	117	103	
		PaO ₂ : ***		112	123	108	

* bei Anbringen einer künstlichen Stenose

** bei Entfernen der künstlichen Stenose

*** Belastungswerte nach 4-wöchigem Aufenthalt auf 4300 m ü.NN

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Hansen, J.E., et al. (1967)	8 männl.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ :Severing- haus p _H : Radiometer	Fahrrad- ergometer liegend/ sitzend	60 W "st.st."
				120 W "st.st."
				255 W "st.st." bis 25 min Gesamt- dauer

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung				
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	0 m ü.NN	PaCO ₂ : 39,7 p _H : 7,40		40,8 7,37			
	4300 m (nach 3-4 Tg.)	PaCO ₂ : 27,9 p _H : 7,44		24,6 7,42			
	4300 m(nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : 24,2 p _H : 7,43		22,8 7,41			
	0 m ü.NN (1-4 Tg.nach 4 Wch. 4300 m)	PaCO ₂ : 35,0 p _H : 7,39		34,0 7,37			
	0 m ü.NN	PaCO ₂ : p _H :		39,0 7,35			
	4300 m (nach 3-4 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		23,3 7,40			
	4300 m(nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		21,2 7,40			
	0 m ü. NN (1-4 Tg.nach 4 Wch. 4300 m)	PaCO ₂ : p _H :		33,0 7,35			
	0 m ü. NN	PaCO ₂ : p _H :		31,6 7,24	30,8 7,22	32,2 7,29	39,0 7,39
	4300 m(nach 1 - 4 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		20,0 7,34	± 0 7,32	21,7 7,39	26,9 7,42
	4300 m(nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		18,6 7,34	19,0 7,32	20,0 7,40	24,6 7,42

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Hansen, J.E., et al. (1967)				
Keul, J. (1967)	14 männl./ weibl. Ø 24 J.	Arterienpunktion: p _H : Astrup Bikarbonat: nach Andresen	Fahrrad- ergometer liegend	keine Angabe
Scherrer, M., A. Birchler (1967)	9 männl. Ø 51 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark-Elekt. PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Astrup (?)	Fahrrad- ergometer sitzend	100 - 160 W
				120 - 170 W
				180 - 240 W
Stegemann, J., D. Böning (1967)	2 männl. 21-23 J.	art.Kapillarblut: PaCO ₂ : Siggaard- Andersen p _H : Astrup	Fahrrad- ergometer (Müller)	bis 100 W 2 min *

* kurz vor Belastung Manschetten um Oberschenkel mit 200-300 mm Hg Druck, nach Belastung sofortige Entfernung!

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
	0 m ü.NN (1-4 Tg.nach 4 Wch.auf 4300 m)	PaCO ₂ : pH:		29,0 7,27	28,5 7,26	29,3 7,34	35,0 7,38
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	pH: Bikarbonat:			↓ ↓		
1,3-2,2	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :79,8 PaCO ₂ :35,3 pH:		81,2 38,0 7,37			
	O ₂ - Atmung 16-17 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ :		↓ 34,0			
1,5-2,2		PaO ₂ : PaCO ₂ :		↓ 32,1			
2,2-3,2		PaO ₂ : PaCO ₂ :		↓ 34,1			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : pH:	↓ kontin. ↓	↓ kontin. ↓	↑ steil, steil. ↑	↓ ↓	~ RW ~ RW

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Wassermann, K. (1967)	10 männl. jugendlich	Arterienpunktion PaO ₂ : Clark- Elektr. PaCO ₂ und p _H : Astrup-Technik	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	50 min bzw. bis zur Er- schöpfung
West, J.B. (1967)	8 männl.	art.Blutgas- werte: keine Angaben	festste- hendes Fahrrad	50,2 W
				150,6 W
Doll, E., J. Keul, Chr.Maiwald (1968)	14 männl. Ø 24 J. (20-26 J.)	Arterienpunktion PaO ₂ : Gleichmann- Lübbbers PaCO ₂ : Siggaard- Andersen p _H : Glaselektro- de AME I	Fahrrad- ergometer (Elema): liegend	50 - 200 W 24 min "st.st."
Doll, E., J. Keul, A. Brechtel, H. Reindell (1968)	28 männl. 20-30 J.	Arterienpunktion PaO ₂ und PaCO ₂ : Gleichmann- Lübbbers p _H : Glaselektro- de AME I O ₂ -Sttg.: nach Dill et al.	Fahrrad- ergometer (Schön- ander): liegend	100-200 W 18 min "st.st."

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/ Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
1,24 "st.st."	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93 PaCO ₂ : 38 p _H : 7,42	* ↑ ↓ 7,40	± 0 35 ± 0			
1,94 "st.st."		PaCO ₂ : p _H :	↑ ↓ 7,39	34 ± 0			
2,72 "st.st."		PaCO ₂ : p _H :	↑ ↓ 7,35	31 ± 0			
bis 2,0 (max.)	5800 m ü.NN	PaO ₂ : Sa: 69,3		60 59,4			
		PaO ₂ : Sa:		>76 53,5			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 98,0 ± 6,56 PaCO ₂ : 37 ± 4 p _H : 7,435	± 0 gering. ↑	± 0 30± 7 7,312	115 26±3,5 7,284	100	33±6 ~7,43
keine Angabe	O ₂ - Atmung 20,9 Vol% 260 m ü. NN	PaO ₂ : 88,0 PaCO ₂ : 38,9 p _H : 7,429 Sa: 96,2	± 0 ± 0 7,393 95,5	± 0 ± 0 7,327 94,6	104,4 34,5 7,299 96,2		~88,0 ~7,429 ± 0

* uncharakteristische Schwankungen

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Doll, E., et al. (1968)				
Metzner, A., J. William, E. Gadermann (1968)	8 männl. Ø 25 J.	art. Kapillarblut: PaCO ₂ : nomogra- phisch pH: Astrup	Fahrrad- ergometer liegend	250-320 W 18-27 min. "v.m."
Patsch, J. (1968)	x männl.	art. Kapillarblut: PaO ₂ u. PaCO ₂ : mit Mikro-Combi- Analysator	Tret- kurbel	50-125 W
Woitowitz, H.J., D. Szadkowski, G. Lehnert (1969)	26 männl. 15-19 J.	art. Kapillarblut: PaO ₂ : Gleichmann- Lübberts- Elektrode PaCO ₂ : Stow-Glas- elektrode	Universal- ergometer sitzend	150 W 5 - 6 min
	19 männl. 20-24 J.	pH: Glaselektro- de		

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
	O ₂ - Atmung 15,9 Vol% = 2500 m ü.NN	PaO ₂ : 69,6 PaCO ₂ : 37,1 p _H : 7,439 Sa: 92,8	61,2 ± 0 7,409 89,7	58,7 ± 0 7,308 84,8	81,1 33,6 7,274 92,6		~69,6 34,6 ~7,439 ± 0
	O ₂ - Atmung 12,7 Vol% = 4250 m ü.NN	PaO ₂ : 47,1 PaCO ₂ : ~38,9 p _H : 7,440 Sa: 80,7	40,7 ± 0 7,414 76,0	43,0 ± 0 7,313 73,0	56,8 ~34,5 7,248 82,2		~47,1 7,463 ± 0
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 40,7 p _H : 7,385		30,4 7,178		29,1	34,4
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	* PaO ₂ : * PaCO ₂ : ** PaO ₂ : ** PaCO ₂ :	↓ ↑ ↑ ↓	↑ ↓ ↓ ↑			
2,01	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 92,7 ± 4,2 PaCO ₂ : 39,3 ± 0,5 p _H : 7,407		87,8 ± 5,3 40,5 ± 0,9 7,401			
		PaO ₂ : 91,4 ± 4,9 PaCO ₂ : 39,8 ± 0,5		89,2 ± 5,4 40,6 ± 0,9			

* Werte für Untersuchte vom vagotonen Typus

** Werte für Untersuchte vom sympathikotonen Typus

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Woitowitz, H. J., et al. (1969)				
	32 männl. 25-29 J.			
	33 männl. 30-34 J.			
	38 männl. 35-39 J.			
	27 männl. 40-44 J.			
	20 männl. 45-49 J.			
	14 männl. 50-54 J.			120 W 5-6 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		$p_H: 7,408$		7,405			
		$PaO_2: 91,0$ $\pm 3,9$		86,6 $\pm 6,0$			
		$PaCO_2: 39,4$ $\pm 0,6$		40,3 $\pm 0,9$			
		$p_H: 7,405$		7,401			
		$PaO_2: 91,3$ $\pm 4,3$		86,3 $\pm 5,9$			
		$PaCO_2: 39,6$ $\pm 0,6$		40,3 $\pm 0,8$			
		$p_H: 7,412$		7,410			
		$PaO_2: 89,2$ $\pm 3,5$		84,7 $\pm 3,9$			
		$PaCO_2: 39,7$ $\pm 0,6$		40,4 $\pm 0,8$			
		$p_H: 7,411$		7,407			
		$PaO_2: 84,6$ $\pm 5,1$		79,1 $\pm 6,3$			
		$PaCO_2: 39,8$ $\pm 0,7$		40,7 $\pm 0,9$			
		$p_H: 7,406$		7,403			
		$PaO_2: 85,8$ $\pm 4,0$		79,3 $\pm 6,3$			
		$PaCO_2: 39,6$ $\pm 0,6$		40,6 $\pm 0,9$			
		$p_H: 7,404$		7,403			
1,56		$PaO_2: 84,4$ $\pm 4,5$		77,8 $\pm 7,6$			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Woitowitz, H.J., et al. (1969)				
	14 männl. 55-59 J.			
	19 männl. 60-64 J.			
	5 männl. 65-69 J.			
	15 weibl. 15-19 J.			
	13 weibl. 20-24 J.			

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaCO ₂ : 39,8 ± 0,4		40,5 ± 0,6			
		p _H : 7,412		7,408			
		PaO ₂ : 81,1 ± 5,6		74,3 ± 7,8			
		PaCO ₂ : 40,1 ± 0,5		41,4 ± 1,1			
		p _H : 7,404		7,398			
		PaO ₂ : 81,3 ± 6,4		75,5 ± 9,1			
		PaCO ₂ : 40,1 ± 0,6		41,0 ± 0,9			
		p _H : 7,408		7,405			
		PaO ₂ : 73,4 ± 3,2		69,8 ± 5,3			
		PaCO ₂ : 40,8 ± 0,4		42,8 ± 0,4			
		p _H : 7,390		7,380			
		PaO ₂ : 90,4 ± 5,3		90,6 ± 6,0			
1,52		PaCO ₂ : 39,1 ± 0,3		40,1 ± 0,8			
		p _H : 7,407		7,402			
		PaO ₂ : 91,8 ± 3,7		87,8 ± 4,4			
		PaCO ₂ : 39,5 ± 0,5		40,2 ± 1,0			
		p _H : 7,411		7,406			

Autor mit Jahreszahl	Norm - personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Weitowitz, H.-J., et al. (1969)	36 weibl. 25-29 J.			
	37 weibl. 30-34 J.			
	31 weibl. 35-39 J.			
	28 weibl. 40-44 J.			
	37 weibl. 45-49 J.			
	29 weibl. 50-54 J.			90 W 5 - 6 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse		Erholung (min)		
			Belastung		0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 89,7 ± 3,6		83,6 ± 4,6			
		PaCO ₂ : 39,5 ± 0,7		40,8 ± 1,0			
		p _H : 7,405		7,399			
		PaO ₂ : 87,2 ± 3,9		80,6 ± 4,5			
		PaCO ₂ : 39,6 ± 0,5		40,8 ± 0,7			
		p _H : 7,403		7,399			
		PaO ₂ : 86,8 ± 2,7		80,9 ± 3,9			
		PaCO ₂ : 39,7 ± 0,5		40,8 ± 0,8			
		p _H : 7,406		7,402			
		PaO ₂ : 84,8 ± 3,6		77,9 ± 5,9			
		PaCO ₂ : 39,8 ± 0,6		41,1 ± 1,0			
		p _H : 7,403		7,396			
1,23		PaO ₂ : 83,4 ± 4,0		77,0 ± 5,9			
		PaCO ₂ : 39,8 ± 0,6		41,0 ± 1,0			
		p _H : 7,405		7,401			
		PaO ₂ : 80,2 ± 4,0		72,6 ± 6,0			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Woitowitz, H.J., et al. (1969)				
	26 weibl. 55-59 J.			
	4 weibl. 60-64 J.			
Woitowitz, H.J., G. Schäcke, R. H. Woitowitz (1969)	17 männl. 15-19 J.	art. Kapillarblut PaO ₂ u. PaCO ₂ :	Universal- ergometer (Typ 499)	120 W 5-6 min
	6 männl. 20-24 J.	Elektroden nach Gleichmann und Lübbbers		
	23 männl. 25-29 J.			
	25 männl. 30-34 J.			
	48 männl. 35-39 J.			

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaCO ₂ : 40,1 ± 0,5 p _H : 7,401		41,6 ± 1,0 7,393			
		PaO ₂ : 79,0 ± 4,2 PaCO ₂ : 40,2 ± 0,5 p _H : 7,401		71,8 ± 6,3 41,5 ± 0,9 7,395			
		PaO ₂ : 78,0 ± 6,5 PaCO ₂ : 40,0 ± 0,7 p _H : 7,408		72,3 ± 7,6 41,3 ± 0,8 7,398			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol% Ortshöhe	PaO ₂ : 87,0 PaCO ₂ : 39,5		87,6 40,4			
		PaO ₂ : 94,0 PaCO ₂ : 39,2		93,2 40,3			
		PaO ₂ : 90,9 PaCO ₂ : 39,6		90,3 40,5			
		PaO ₂ : 86,0 PaCO ₂ : 40,1		87,2 41,1			
		PaO ₂ : 85,4 PaCO ₂ : 39,8		84,9 40,8			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Weitowitz, H.-J. et al. (1969)	32 männl. 40-44 J.			90 W 5 - 6 min
	14 männl. 45-49 J.			
	15 männl. 50-54 J.			
	21 männl. 55-59 J.			
	14 männl. 60-64 J.			
	9 weibl. 15-19 J.			
	5 weibl. 20-24 J.			
	9 weibl. 25-29 J.			

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 83,4 PaCO ₂ : 40,1		85,1 41,4			
		PaO ₂ : 79,7 PaCO ₂ : 40,1		80,7 41,2			
		PaO ₂ : 82,7 PaCO ₂ : 40,1		84,9 41,3			
		PaO ₂ : 81,6 PaCO ₂ : 40,5		83,5 41,7			
		PaO ₂ : 78,2 PaCO ₂ : 39,9		78,6 41,4			
		PaO ₂ : 89,6 PaCO ₂ : 38,7		92,0 39,9			
		PaO ₂ : 88,6 PaCO ₂ : 39,2		84,0 40,8			
		PaO ₂ : 85,7 PaCO ₂ : 39,8		90,3 40,9			

Autor mit Jahreszahl	Norm- personen	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Weitowitz, H.-J., et al. (1969)	10 weibl. 30-34 J.			
	28 weibl. 35-39 J.			
	15 weibl. 40-44 J.			
	20 weibl. 45-49 J.			60 W 5-6 min
	17 weibl. 50-54 J.			
	8 weibl. 55-59 J.			

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ :85,8 PaCO ₂ :39,0		86,6 40,6			
		PaO ₂ :85,6 PaCO ₂ :39,6		84,9 40,9			
		PaO ₂ :83,2 PaCO ₂ :40,1		85,9 41,3			
		PaO ₂ :81,2 PaCO ₂ :39,5		83,2 40,7			
		PaO ₂ :81,1 PaCO ₂ :39,6		82,1 41,1			
		PaO ₂ :78,8 PaCO ₂ :39,9		76,1 41,0			

3.1.2. Tabelle der ausgewerteten
über Prüfstandbelastung

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Bock, A.V., D.B.Dill, L.M.Hurxthal, J.S. Lawrence, Th.C.Coolidge, M.E. Dailey, L.J.Henderson (1927)	1 männl.	Arterienpunktion: PaO ₂ , PaCO ₂ u. p _H : nach Nomogrammen: O ₂ - u. CO ₂ -Ghlt.: nach van Slyke	feststehen des Fahrrad	keine Angabe
Ewig, W. (1927)	18 männl. (Renn- runderer, Schwimmer)	art.Kapillarblut: PaCO ₂ : rechnerisch p _H : Hasselbalch	keine Angabe	bis Er- schöpfung
Dill, D.B., J.S.Lawrence, L.M.Hurxthal A.V.Bock (1927)	3 männlich	art.Blutgaswerte eigene Nomogram- me, Äquilibrier- methode	feststehen des Fahr- rad	keine Angabe
Bock, A.V., C.van Caulaert, D.B. Dill, ++	4 männl.* Ø 34 J.	art.Kapillarblut: PaCO ₂ : tonometrisch	feststeh. Fahrrad	bis 20 min

* Zahlenangabe zusammen mit untersuchten Normpersonen

++ siehe S. 82

Literaturstellen der Jahre 1927 bis 1948

an Sportlern

$\dot{V}_{O_2}$ BELASTUNG	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
1,75	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :78,0 PaCO ₂ :40,0 p _H : 7,425 Bikarbonat: 45,77		75,0 38,0 7,351 36,74			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : p _H : Bikarbonat:			steil↓	langs↑ Δ-0,04 bis -0,09	± 0
0,85	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :		40,4			
1,25		PaCO ₂ :		38,7			
1,55		PaCO ₂ :		38,8			
1,75		PaCO ₂ :		40,5			
2,1		PaCO ₂ :		43,0			
1,0	O ₂ - Atmung	CaCO ₂ :		± 0			
1,7	21 Vol%	CaCO ₂ :		± 0			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
A.Fölling, ⁺⁺ L.M.Hurxthal (1928)		CO ₂ -Gehalt: van Slyke und Neill		
Ewig, W., R.Wiener (1928)	1 männl. jugendl. (Student)	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :rechner. p _H : Chinydron- Elektrode Bikarbonat: Straub	festste- hendes Fahrrad: sitzend	max. (bis zur Erschöpf.) 7-13 min
Nielsen, M. (1936)	1 männl. * Ø 28,2 J.	Arterienpunktion: p _H :Henderson- Hasselbalch CO ₂ -Gehalt: Krogh und Rehberg	Fahrrad- ergometer (Krogh)	150 W 60 min
				180 W 50 min
				210 W 50 min
				240 W 60 min
	1 männl.* Ø 28,2 J.			180 W 60 min
				210 W 60 min
				240 W 60 min
				270 W 60 min

* Durchschnittsalter von untersuchten Sportlern und Normpersonen

⁺⁺ siehe S. 80

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
$\dot{V}T$ bis 50,6	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : p _H : 7,309 Bikarbonat: 48,8		Ø 38,6 7,188 35,5		7,279 38,5	~48,8 ⁺
3,7 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	p _H : 7,42	7,37	7,40			
		p _H : 7,44	7,41	7,44			
		p _H : 7,46	7,39	7,435			
		p _H : 7,44 CaCO ₂ : 48-52	7,40 Δ5 bis 15↓	7,45 ** ~ RW			
		p _H : 7,42	7,36				
		p _H :	7,32				
		p _H :	7,345				
		p _H :	7,37				

* nach 120 min. Erholung

** CO₂-Ghlt. für o.a. Belastungsstufen (analoges Verhalten zu p_H-Werten!)

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Nielsen, M. (1936)	1 männl. Ø 28,2 J.			270 W bis 30 min
Houston, Ch.S., R.L.Riley (1947)	4 männl. 19-27 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Riley et al. p _H : Glaselektro- de	feststehen- des Fahrrad	350 W 7 min
				205 W 7 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		p_H : 7,47 $CaCO_2$: 49	7,37 37	7,35 35 **			
	O_2 - Atmung 45 Vol%	p_H : 7,49 $CaCO_2$: 47	7,32 38	7,35 40			
-1,538 (max.)	0 m ü.NN ($\Delta 21 Vol\% O_2$)	PaO_2 : 90,0 $PaCO_2$: 42 p_H : 7,40		94 44 7,385			
	bis 3660 m ü.NN	PaO_2 : 60 $PaCO_2$: 30 p_H : 7,46		54 32,5 7,45			
	bis 4880 m ü.NN	PaO_2 : 46 $PaCO_2$: 32 p_H : 7,495		41 29 7,47			
	bis 5410 m ü.NN	PaO_2 : 39 $PaCO_2$: 22 p_H : 7,525		36 24,5 7,48			
	bis 6020 m ü.NN	PaO_2 : 37 $PaCO_2$: 22 p_H : 7,505		31 23 7,475			
	bis 6630 m ü.NN	PaO_2 : 32 $PaCO_2$: 22 p_H : 7,507		31 21 7,520			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Asmussen, E., W.von Döbeln, M.Nielsen (1948)	3 männl. jung (Studenten)	art.Kapillarblut: CO ₂ -Gehalt: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Krogh)	95,7 W 3-4 min 314 W 5,25 min
Bühlmann, A., J.R.Hofstetter (1951)	* 20 männl./ weibl.	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :Henderson- p _H : Glaselektro- de O ₂ -Sttg.:oxymetr	Ergostat (Fleisch)	** 150-180 / 100-130 W 5 min
Bannister,R.G., D.J.C. Cunnin- ham (1954)	* 4 männl. 22-36 J.	art.Blutgaswerte: keine Angaben	Motor- Tretmühle	keine Angaben
Lauphier, E.H. (1955)	5 männl. (Taucher)	Arterienkanüle: PaO ₂ u.PaCO ₂ : rechn. p _H : Glaselektro- de Mc Innes	Ergometer: liegend	128,8 W 23 min
Asmussen, E., M.Nielsen (1958)	* 17 männl. jugendlich	art.Blutgaswerte: PaO ₂ u.PaCO ₂ : Krogh's "bubble-method"	Fahrrad- ergometer Liegesitz	-120,5 W (st.st.) -238 W (st.st.)

* Anzahl zusammen mit untersuchten Normpersonen

** männl./weibl.

$\dot{V}_{O_2}$ Belast.	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
Ø 1,2	O ₂ - Atmung	CaCO ₂ :		Ø 56			
3,65-4,04	21 Vol%	CaCO ₂ :		Ø 49			
keine Angabe	2000 m ü.NN	PaCO ₂ : 35,6- 39,3 p _H : 7,40 Sa: 96		27,2- 37,4 7,32- 7,38 90,6- 93,3			
	500 m ü.NN	PaCO ₂ : p _H : Sa:	± 0 ± 0 ± 0	± 0 ± 0 ± 0			
VT bis 100	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :	↓	↓			
1,52	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 42,2 p _H : 7,34		48,6 7,29			
bis 3,30 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : Ø 87 PaCO ₂ : Ø 37		Ø 82 Ø 39			
		PaO ₂ : PaCO ₂ :		Ø ± 0 Ø ± 0			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Holmgren, A., H.Linderholm (1958)	14 männl./ weibl. Ø 17,8 J.	art.Kapillarblut: PaO ₂ :Bartels- Laue- Elektrode PaCO ₂ :Astrup p _H : Gaselektro- de PHM 3	Fahrrad- ergometer sitzend	100,4 - 226 W 15 min "st. st. "
				226 - 320 W 2 min "st. st."
Frieheff, F.J. (1960)	8 männl. 18-28 J.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ :HOT-Bartels- Laue PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch p _H : Glaselek- trode CO ₂ -Ghlt: van Slyke	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	120 W 10 min
	26 männl. 18-28 J.			120-200 W 10 min
Bühlmann, A. (1961)	15 männl. 20-37 J.	Arterienkanüle: keine Angaben	Fahrrad- ergometer (Fleisch) sitzend	250 W " st.st. "
				300 W " st.st. "

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 100,9 PaCO ₂ : 35,0 p _H : 7,406		84,9 33 7,366			
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H :		78,8 30,1 7,347			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93,3 PaCO ₂ : 38,55 p _H : 7,399 CaCO ₂ : 54,4	89,1 39,3	88,1 ± 0 7,373 51,9	93,6 36,9 7,393		
		PaO ₂ : 93,2 PaCO ₂ : 37,3 p _H : 7,404 CaCO ₂ : 53,14		88,5 ± 0 7,373 49,75			
1,6 - 2,2	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 38,8 ± 2 p _H : 7,40 Sa: 96,0 ± 1,5		35 ± 3 7,33 95,5 ± 1,5			
2,8 - 3,4		PaCO ₂ : p _H : Sa:		31 ± 5 7,24 95,5 ± 1,5			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Nöcker, J. (1964)	männl./ weibl.	art.Blutgaswerte: keine Angaben	keine Angabe	10 min
Bouhuys, A. J. Pool, R.A.Binkhorst, P.van Leeuwen (1966)	4 männl. Ø 22,8 J. (Ruderer)	art.Kapillarblut p _H : Glaselektro- de	Fahrrad- ergometer	max.
Doll, E., J.Keul, Ch. Maiwald, H. Reindell (1966)	49 männl. 15-30 J.	art.Blutgaswerte: PaO ₂ :Gleichmann- Lübbers PaCO ₂ :Siggaard- Andersen p _H : AME I	Fahrrad- ergometer (Elema)	50-300 W je 6 min "st.st."
				50-100 W je 6 min "st.st." + "v.m."
				sofort 350 W "v.m." 6 min
Kessler, K.H. (1966)	9 männl. Ø 23,1 J. (20-26 J.)	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :Siggaard- Andersen	Ergostat (Fleisch) liegend	50 W "st.st."
				100 W "st.st."
				150 W "at.st."
				200 W "st.st."
				250 W "st.st." je 5 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	p _H : 7,39		7,30	7,28		~RW
Ø 4,31	O ₂ - Atmung 21 Vol%	p _H :			7,17		
Ø 4,50 *		p _H :			7,26		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 102,2		88,5	112,1	100,4	
		PaCO ₂ : 36,0		31,5	28,9		34,8
		p _H : 7,434	7,411	7,335	7,329		7,425
		PaO ₂ : 101,6		89,7	116,8	99,3	
		PaCO ₂ : 36,2		36,7	31,9	33,9	
		p _H : 7,434		7,319	7,300	7,397	
Ø 2,522 (max.)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97,8		86,8	116,0	97,8	
		PaCO ₂ : 36,0		34,2	31,8	30,9	32,0
		p _H : 7,440		7,268	7,247	7,347	
		PaCO ₂ : 35,8		37,4			
		PaCO ₂ :		38,0			
		PaCO ₂ :		37,2			
		PaCO ₂ :		34,0			
		PaCO ₂ :		32,07		30,9	

* nach 2-monatigem Training

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Mährlein, W., M. Krause, H. Rossner (1966)	18 männl. 19-24 J.	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :Siggaard- Andersen-Engel p _H : Astrup	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	80-200 W "st.st."
				240 W "st.st."
				280 W "st.st."
Mährlein, W., M. Krause, H. Rossner (1966)	7 männl. 21-25 J.	art.Kapillarblut: PaCO ₂ :Siggaard- Andersen p _H : Astrup	Fahrrad - ergometer (Lanooy)	30-180 W "st.st."
Scherrer, M., J. Hodler (1966)	9 männl. 45-65 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ :Clark-Pla- tin-Elektrode	Fahrrad- ergometer	keine Angabe
Scherrer, M. (1966)	12 männl. Ø 20 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ :Clark-Elek- trode PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch	Fahrrad- ergometer sitzend	15-20 min
	9 weibl. Ø 20 J.			

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 100 Vol%	PaCO ₂ : 32,5 p _H : 7,41		42 7,22	35 ↑	± 0	~32,5 ~RW
		PaCO ₂ : 37,5 p _H : 7,38		40 7,19	33 ↑	32	~37,5 ~RW
		PaCO ₂ : 36,5 p _H : 7,39		41 7,24	32,5 ↑	37,5	~36,5 ~RW
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 42,5 p _H : 7,365		31 7,240	7,200	30	~42,5 ~RW
	O ₂ - Atmung 100 Vol%	PaCO ₂ : 42,0 p _H : 7,370		44,5 7,215	37 ± 0	33	~42 ~RW
1,6-3,4	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		82-100			
2,3-3,2	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 95,5		83			
	O ₂ - Atmung 16 Vol% (2750 m ü. NN)	PaO ₂ :		63			
1,5-2,1	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93,5		89			
	O ₂ - Atmung 16 Vol%	PaO ₂ :		64			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Venrath, H. (1966)	* 22 männl. jugendl.	art.Blutgaswerte: keine Angaben	Fahrrad- ergometer	100 W "st.st."
				150 W "st.st."
				300 W "st.st."
Doll, E., J.Keul, A.Brechtel, R.Limon-Lason, H.Reindell (1967)	28 männl. (von Frei- burg <u>direkt</u> nach Mexico City, 2250 m)	Arterienkanüle: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Gleichmann- Lübbers- Elektroden p _H : Glas- elektrode	Fahrrad- ergometer	150 W bis max (bis zur Erschöpfung) "st.st."
	28 männl. (von Frei- burg über 1800 m auf 2250 m)			

* Anzahl zusammen mit untersuchten Normpersonen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : ~90 PaCO ₂ : ~43		94-95 ± 0			
		PaO ₂ : PaCO ₂ :		94-95 ± 0			
		PaO ₂ : PaCO ₂ :		94-95 35			
keine Angabe	260 m ü.NN (Freiburg)	PaO ₂ : 84,4 PaCO ₂ : 39,2 p _H : 7,429		80,7 35,4 7,316	94,6 31,9 7,238		
	2250 m ü.NN (Unterdruck- kammer)	PaO ₂ : 62,1 PaCO ₂ : 38,6 p _H : 7,441		53,4 34,3 7,345	71,7 33,5 7,254		
	2250 m ü.NN (Mexico City)	PaO ₂ : 65,9 PaCO ₂ : 38,8 p _H : 7,452		55,5 33,5 7,297	71,5 29,6		
	260 m ü.NN (Freiburg)	PaO ₂ : 86,0 PaCO ₂ : 39,8 p _H : 7,429		71,2 37,9 7,316	33,8 7,238		
	2250 m ü.NN (Unterdruck- kammer)	PaO ₂ : 61,9 PaCO ₂ : 36,2 p _H : 7,441		49,9 32,9 7,345	30,3 7,254		
	2250 m ü.NN (Mexico City)	PaO ₂ : 66,2 PaCO ₂ : 38,4 p _H : 7,452		53,1 32,1 7,297			

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Hansen, J.E., G.P. Stelter, J.A.Vogel (1967)	8 männl.	Arterien- punktion: PaCO ₂ :Severing- haus- Elektrode	Fahrrad ergometer liegend/ sitzend	60 W "st.st."
				120 W "st.st."
				250. W "st.st." 25 min Gesamt- Dauer

$\dot{V}_{O_2}$ BELASTUNG	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
max. 38,4	0 m ü.NN	PaCO ₂ : 37,8 p _H : 7,40		36,6 7,39			
(ml./min per kg BW)	4300 m ü.NN (nach 1-4 Tg.)	PaCO ₂ : 25,6 p _H : 7,43		21,1 7,39			
	4300 m ü.NN (nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : 23,8 p _H : 7,44		23,6 7,41			
	0 m ü.NN (1-4 Tg. nach 4 Wch. 4300 m)	PaCO ₂ : 34,1 p _H : 7,39		33,6 7,37			
	0 m ü.NN	PaCO ₂ : p _H :		36,8 7,36			
	4300 m ü.NN (nach 1-4 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		22,4 7,38			
	4300 m ü.NN (nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		21,0 7,39			
	0 m ü.NN (1-4 Tg. nach 4 Wch. 4300 m)	PaCO ₂ : p _H :		33,6 7,35			
	0 m ü.NN	PaCO ₂ : p _H :		29,4 7,26	31,6 7,23	31,0 7,31	*36,4 *7,41
	4300 m ü.NN (nach 1-4 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		17,8 7,28	19,3 7,23	19,7 7,34	*25,0 *7,43
	4300 m ü.NN (nach 15-18 Tg.)	PaCO ₂ : p _H :		16,8 7,27	17,1 7,25	19,1 7,36	*24,4 *7,43
	0 m ü.NN	PaCO ₂ :		26,6	26,0	27,0	*33,1

* Meßwert nach 60 min. Erholung!

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Hansen, J.E., et al. (1967)				
Hollmann, W., B. Grünwald, K. Chirdel, K. Kastner (1967)	keine Angabe	art.Blutgaswerte: keine Angabe	Fahrrad- ergometer	30 min <u>unterhalb</u> der Dauer- leistungs- grenze
				30 min <u>oberhalb</u> der Dauer- leistungs- grenze
				425 W 5 min
				keine Angabe
Keul, J. (1967)	49 männl./ weibl. Ø 20 J.	Arterienpunktion: p _H : Astrup Bikarbonat: Ander- sen	Fahrrad- ergometer liegend	keine Angabe
Pugh, L.G.C.E. (1967)	6 männl. Ø 28 J.	art.Kapillarblut: O ₂ -Sttg.: oxymetrisch	Fahrrad ergometer (Döbeln)	max. 5 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
	(1-4 Tg.nach 4 Wch. 4300 m)	P _H :		7,24	7,23	7,31	*7,39
keine Angaben	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		± 0			
		PaCO ₂ :		± 0			
		P _H :	↓	↑			
		PaO ₂ : PaCO ₂ :		± 0 ↓			
		PaO ₂ : PaCO ₂ :	↑	Δ-12,5 ↓	RW↑	↓	↓
	O ₂ - Atmung 16 Vol%	PaO ₂ :60-70 PaCO ₂ :		50-60 30↓			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	P _H : Bikarbonat:			↓deutl. ↓deutl.		
keine Angabe	0 m ü.NN	P _H : 7,37			7,135		
	2270 m ü.NN	Sa : 93			87		

* Meßwert nach 60 min.Erholung!

Autor mit Jahreszahl	Sportler	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Scherrer, M., A. Birchler (1967)	12 männl. Ø 22 J.	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark-Elektrode PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Astrup	Fahrrad- ergometer sitzend	180 - 240 W "st. st."
	9 weibl. Ø 19 J.			120 - 170 W "st. st."
Metzner, A., J. Willmann, E. Gadermann (1968)	8 männl. Ø 25 J.	art. Kapillarblut: PaCO ₂ : nomograph. p _H : Astrup	Fahrrad- ergometer	Beginn mit 30 W bis 250-320 W 18-27 min "v. m."

V _{O₂} Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
2,2-3,2	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 95,7 PaCO ₂ :36,4 pH: 7,44		83,2 38,1 7,35			
1,5-2,2		PaO ₂ : 93,6 PaCO ₂ :36,3 pH: 7,43		89,2 36,9 7,34			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : pH:		29,1 ↓ 7,21 ↓			34,8 ↑

3.1.3. Tabelle der ausgewerteten Literaturstellen
Prüfstandbelastung an Patienten

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Hürter, J. (1912)	1 männl. 38 J. (Tbk und Pneu.- Thor.- rechts)	Arterienpunktion: O ₂ -u.CO ₂ -Ghlt: Methode nach Haldane-Barcroft	160 Stufen auf-und ablaufen	keine angaben
Rossier, P.H., A. Bühlmann (1950)	10 männl. weibl. (Silikose I,II,III)	art.Blutgaswerte: PaO ₂ :polarograph. PaCO ₂ :Henderson- Hasselbalch	Fahrrad- ergometer	60-160 W
Björk, O., P.A. Michas, L.G. Ugglä (1953)	82 männl. (Lungen- leiden)	Arterienpunktion: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Riley, Froemmel und Franke	Fahrrad- ergometer	50,2 J 10 min
	55 weibl. (Lungen- leiden)	O ₂ - u.CO ₂ -Ghlt.: van Slyke u. Neill		
	70 männl./ weibl. (Lungen- leiden)			

der Jahre 1912 bis 1968 über
mit verschiedenen Lungenerkrankungen

· V _{O2} Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	CaO ₂ :19,24 CaCO ₂ :47,50			20,09 41,48		
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : NW PaCO ₂ :NW		+ 0 + 0/ ↓			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :65,1- 79,1 PaCO ₂ :38,4- 41,9 Sa: 89,9- 92,3		57,5- 78,8 40,9- 45,9 87,1- 93,5			
		PaO ₂ :69,1- 77,9 PaCO ₂ :38,5- 42,5 Sa: 91,6- 93,4		66,6- 78,2 36,5- 43,4 89,7- 93,4			
		PaO ₂ : 80 PaCO ₂ :37,6 Sa: 93,7		80,8 ±1,9 40,3 93,4			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Björk, O., et al. (1953)				
	48 männl./ weibl. (Lungen- leiden)			
Rossier, P.H., A. Bühlmann, K. Wiesinger (1956)	1 männl. 63 J. (Emphysem)	Arterienpunktion: (evtl. Kanüle) PaO ₂ : Bartels-Hg- Elektrode PaCO ₂ : Hasselbalch Henderson pH: Lecomte- Elektrode O ₂ -Sttg: photoelek.	Fahrrad- ergometer	60 W
	1 männl. 32 J. (Cysten- lunge)			70 W
	1 männl. 52 J. (Asthma- bronch.+ Emphysem)			25 W
	1 männl. 57 J. (Silikose I +Bronchitis chron.spast)			140 W
	1 männl. 46 J.			80 W

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/ Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO_2 : 65		59,2			
		PaCO_2 : 44,2		$\pm 1,5$ 44,7			
		Sa : 90,2		89,6			
		LaO_2 : 71,0		55,6			
		PaCO_2 : 37,3		43,7			
		Sa : 91,2		88,3			
		LaO_2 : 67,3		60,1			
		PaCO_2 : 43,7		38,7			
		Sa : 91,8		94,4			
0,870	O_2 - Atmung 21 Vol%	PaCO_2 : 56,1		57,6			
		Sa : 83,2		73,8			
	C_2 - Atmung 100 Vol%	PaCO_2 :		75,0			
		Sa :		98,8			
0,9	O_2 - Atmung 21 Vol%	PaCO_2 : 30,5		37,0			
		Sa : 94,0		81,0			
	O_2 - Atmung 100 Vol%	PaCO_2 :		33,0			
		Sa :		100,0			
0,55	O_2 - Atmung 21 Vol%	LaO_2 : 52		50			
		LaCO_2 : 71,0		70,6			
		pH : 7,30		7,29			
		Sa : 81,7		80,0			
1,35		LaO_2 : 65		68			
		LaCO_2 : 32,6		30,4			
		pH : 7,45		7,37			
		Sa : 91,7		92,6			
1,2		LaO_2 : 67		45			
		PaCO_2 : 33,3		27,1			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Rossier, P.H., et al. (1956)	(prim.Pulm. Sklerose)			
	1 männl. 43 J. (Atem- neurose)			100 W
	1 männl. 47 J. (Tbk.pulm. dupl.)			80 W
	1 weibl. 31 J. (Cysten- lunge)			80 W
	1 männl. 41 J. (Cysten- lunge)			75 W
	1 männl. 36 J. (Tbk.pulm. dupl.)			45 W
	1 männl. 53 J. (Asthma- bronch.)			35 W
	1 männl. 51 J. (Emphysem)			40 W

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		P_H : 7,44 Sa: 92,3		7,44 81,3			
keine Angabe		PaO_2 : 98 $PaCO_2$: 22,3 P_H : 7,52 Sa: 97,9		95 31,7 7,35 65,5			
1,0		$PaCO_2$: 40,1 P_H : 7,34 Sa: 89,4		35,7 7,31 89,7			
1,01		$PaCO_2$: 36,0 P_H : 7,39 Sa: 96,2		33,5 7,35 92,5			
0,89		$PaCO_2$: 36,5 P_H : 7,36 Sa: 94,0		37,0 7,33 81,0			
0,66		$PaCO_2$: 42,2 P_H : 7,38 Sa: 92,3		45,8 7,32 78,7			
0,75		$PaCO_2$: 45,6 P_H : 7,39 Sa: 90,5		43,4 ± 0 87,5			
0,60		$PaCO_2$: 63,3 P_H : 7,33 Sa: 89,9		63,5 7,28 74,7			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Rossier, P.H., et al. (1956)	1 männl. 51 J. (chron. Asthma- bronch.)			40 W
	1 männl. 24 J. (Pneu. re., Tbc. li.)			
	1 männl. 46 J. (Tbk.li.+ Emphysem re.)			50 W
	1 männl. 48 J. (Pleura- schwarte li.)			100 W
	1 männl. 40 J. (Miliar- Tbk.)			50 W
	1 männl. 46 J. (Lungen- fibrose)			70 - 100 W

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe		PaO ₂ : 51		45			
		PaCO ₂ : 63,3		63,6			
		p _H : 7,32		7,28			
		Sa: 81,7		74,7			
		PaO ₂ : 39		32			
		PaCO ₂ : 51,2		48,9			
		p _H : 7,36		7,32			
		Sa: 72,3		57,3			
		PaO ₂ : 75		60	98		
		PaCO ₂ : 42,6		37,3	38,2		
		p _H : 7,36		7,33	7,35		
		Sa: 93,0		90,9	97,0		
		PaO ₂ : 69		63			
		PaCO ₂ : 41,1		35,6			
		p _H : 7,38		7,33			
		Sa: 92,6		89,6			
		PaO ₂ : 57		64	83		
		PaCO ₂ : 35,0		32,1	28,7		
		p _H : 7,40		7,41	7,46		
		Sa: 87,6		91,8	96,3		
		PaO ₂ : 72	56	54			
		PaCO ₂ : 36,5	36,8	27,8			
		p _H : 7,40	7,42	± 0			
		Sa: 93,9	88,6	87,3			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Rossier, P.H., et al. (1956)	1 männl. 65 J. (Alu-Fibr. Tbk.)			40 W
	1 männl. 55 J. (Fibrose unb.Ätiol.)			100 W
	1 männl. 39 J. (M.Boeck)			80 W
	1 männl. 26 J. (M. Boeck)			150 W
	1 männl. 46 J. (Pulmonal- sklerose)			80 W
	1 männl. 61 J. (Pulmonal- sklerose)			100 W

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaO ₂ : 50 PaCO ₂ : 43,3 p _H : 7,38 Sa: 81,3		43 33,5 7,33 75,7			
		PaO ₂ : 68 PaCO ₂ : 37,8 p _H : 7,38 Sa: 92,1		56 27,4 7,33 85,5			
		PaO ₂ : 88 PaCO ₂ : 41,9 p _H : 7,41 Sa: 94,9		44 38,5 7,38 76,1			
		PaO ₂ : 88 PaCO ₂ : 40,4 p _H : 7,40 Sa: 96,7		64 41,4 7,33 88,2			
		PaO ₂ : 67 PaCO ₂ : 33,3 p _H : 7,44 Sa: 92,3		48 27,5 ± 0 81,3			
		PaO ₂ : 58,0 PaCO ₂ : 35,1 p _H : 7,39 Sa: 88,7		50,0 28,5 7,36 82,1			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Valentin, H., G. Worth, L. Gasthaus, W. Lühning, K. Werner (1957)	14 männl./ weibl. Ø 50,5 J. (Silikose)	Arterienpunktion: PaO ₂ , PaCO ₂ u. p _H : nach Riley, Proemmel, Franke	Fahrrad- ergometer	97 -155 W
Motley, H.L. (1958)	6 männl. 14 weibl. 17-81 J. (Lungen- fibrose)	art.Blutgaswerte: O ₂ - u.CO ₂ - Ghlit.: van Slyke	"8 inch- stool"	keine Angabe
Linderholm, H. (1959)	130 ⁺ männl./ weibl. (alv.cap. Block) (Pulmekto- mie) (Emphysem)	Arterienpunktion: PaO ₂ :Hg-Tropf- Elek. PaCO ₂ : rechn.	Fahrrad- ergometer sitzend	keine Angabe
Julich, H. (1960)	männl./ weibl. (Emphysem)	art.Blutgaswerte: keine Angaben	keine Angabe	keine Angaben

⁺ Anzahl zusammen mit untersuchten Normpersonen

• $\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ruhe	Ergebnisse Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
Ø 1,747	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 74,1 PaCO ₂ : 35,7 Sa:		64,7 33,6 Δ8,1			
Ø 1,984	O ₂ - Atmung 100 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : Sa:		99,0 32,9 Δ+11,6			
Ø 0,398 (in ml/ min pro m ² BSA)	O ₂ - Atmung 21 Vol%	Sa: 92,4 CaCO ₂ :48,1		84,3 45,7			
0,774	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 69 PaCO ₂ :37		43 35			
1,154		PaO ₂ : 84 PaCO ₂ :39		79 40			
0,743		PaO ₂ : 69 PaCO ₂ :44		54 55			
keine Angabe	keine Angabe	PaO ₂ :			Δ+20 + gering ↓		

+ in wenigen Fällen

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Bühlmann, A., M. Scherrer, H. Herzog (1961)	5 männl./ weibl. (Atembe- schwerden)	art.Blutgaswerte: keine Angaben	Fahrrad- ergometer	150 W
				75 - 100 W
				100 - 125 W
				75 W
				125 W
Muyzers, K., F. Siehoff, G. Worth, L. Gasthaus (1962)	29 männl. 50-60 J. (bronchit. Syndrom)	Arterienkanüle: PaO ₂ und PaCO ₂ : Elektroden nach Gleichmann- Lübbers	Fahrrad- ergometer (Lanooy)	125 W 5 min
	*444 männl. 50-60 J. (Silikose I,II,III)			

* Anzahl zusammen mit untersuchten Normpersonen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung	Erholung (min)	-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 40 p _H : 7,39 Sa: 95,0		34 7,34 95,5			
		PaCO ₂ : 39,0 p _H : 7,40 Sa: 96,0		36,0 7,34 92,0			
		PaCO ₂ : 41 p _H : 7,38 Sa: 95,5		33 7,34 92,5			
		PaCO ₂ : 42 p _H : 7,38 Sa: 92,0		36 7,36 94,5			
		PaCO ₂ : 30 p _H : 7,45 Sa: 97,0		± 0 7,39 96,0			
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaC ₂ : 74,4 PaCO ₂ : 39,4 p _H : 7,397		75,5 37,8 7,358	84,6 37,5 7,393		
		PaO ₂ :		↕			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Vreden, E. (1963)	* 93 männl./ weibl.	art.Blutgaswerte: Combianalysator und Mikrograph	Fahrrad- ergometer (Lohde)	100-160 W 8-10 min
	(gering. Emphysem)			
	(starkes Emphysem)			
	(Fibrose)			
Holmgren, A., N. Svanberg (1964)	13 männl./ weibl. Ø 39 J. (Lungen- sarkoi- dose)	Arterienpunktion: PaO ₂ : Beckmann- Elektrode PaCO ₂ : Severing- haus- Elektrode	Fahrrad- ergometer: sitzend	32,7-49 W
				65,5-82 W
				98 W

* Gesamtanzahl der untersuchten Patienten und Normpersonen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse			Erholung (min)		
		Ruhe	Belastung Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : erniedrigt	↑ gering	gering ↑			
		PaCO ₂ :	± 0	± 0			
		PaO ₂ : erniedrigt	↓ ↑	↓ deutl. ↑			
		PaCO ₂ : erhöht	↑	deutl. ↑			
		PaO ₂ : erniedr. norm.	betr. ↓	betr. ↓			
bis 2,252 (max.)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 81,3		66			
		PaCO ₂ : 38		37			
	O ₂ -Atmung 60 Vol%	PaO ₂ : 576		296			
		PaCO ₂ : 35,8		42			
	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		88			
		PaCO ₂ :		37			
	O ₂ - Atmung 60 Vol%	PaO ₂ :		325			
		PaCO ₂ :		43			
	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		74			
		PaCO ₂ :		42,5			
	O ₂ - Atmung 60 Vol%	PaO ₂ :		305			
		PaCO ₂ :		50,5			

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Holmgren, A., et al. (1964)				147 W je 6 min
Klink, K., I.Bürkmann (1964)	7 männl./ weibl. (Emphysem)	Arterienkanüle: PaO ₂ : tropf. Hg- Elektrode (HOT) O ₂ -Sttg.: oxymetr.	Kurbel- ergometer	60-100 W 2 - 4 min
	49 männl./ weibl. (Lungen- kranke)			
	14 männl. weibl. (Silikose I) 11 männl. weibl. (Silikose III)			
Motley, H.L. (1964)	53 männl./ weibl. 15-81 J. (chron. rest.Lungen- erkrankung ohne Emphys.)	art.Blutgaswerte: PaO ₂ : Clark-Elektrode PaCO ₂ : Severinghaus- Elektrode O ₂ -u.CO ₂ -Ghlt.: van Slyke	"8 inch- stool"	keine Angabe
Jones, N.L., J.F.Goodwin (1965)	11 männl. weibl. 21-65 J. (typ.Lun- genembo- lismus)	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ : Severing- haus- Elektrode	Fahrrad- ergometer; sitzend	18,4 W
				50 W
				108 W

Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			mitte	ende	0-7	-15	-30
Belastung	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		98,5			
		PaCO ₂ :		35,5			
	O ₂ -Atmung 60 Vol%	PaO ₂ :		337			
		PaCO ₂ :		38,5			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 76,5			100	85	
		Sa : 96			98		
		* PaO ₂ : 89			98	90	
		* PaO ₂ : 79			11	10	
		* PaO ₂ : 69			37	75	
		PaO ₂ : 72			39	79	
0,375 (ml/min. pro m ² BSA)	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 38,4		±0			
		pH: 7,45					
		Sa: 90,9		67,2			
		CaCO ₂ : 46,8		44,9			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 97,1		89,8			
		PaCO ₂ : 32,2		30,4			
		PaO ₂ : 79,7		81,2			
		PaCO ₂ : 33,2		35,6			
		PaO ₂ : 88,0		83,3			
		PaCO ₂ : 38,5		41,5			

* Unterteilung nach PaO₂-Ruhewerten
von > 80, > 70, < 70;

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Koch, G. (1965)	20 männl./ weibl. 19-64 J. (Herz-und Lungen- leiden)	Arterienpunktion PaCO ₂ :Siggaard- Andersen p _H : Glaselektro- de	Fahrrad- ergometer (Elema)	12,2-147 W
Whitehead, T.P. (1965)	1 männl./ (akute Bronchitis)	art. Kapillarblut PaCO ₂ und p _H : nach Astrup	keine Angabe	keine Angabe
Doll, E. (1966)	31 männl./ weibl. (Granulomat)	art. Kapillarblut: keine Angaben	Fahrrad- ergometer	50-200 W
	31 männl./ weibl. (Fibrose)			
Jones, N.L. (1966)	9 männl./ weibl. Ø 57,8 J. (Emphysem)	Arterienpunktion: PaO ₂ : Clark- Elektrode PaCO ₂ : Severing- haus- Elektrode	Fahrrad- ergometer sitzend	29 ± 14,2 W 6 min
	9 männl./ weibl. Ø 60,4 J. (chronische Bronchitis)			43,5 ± 23,4 W 6 min

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :	26,5 [*] - 49	26,5 [*] - 49			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 84 p _H : 7,28		78 7,36	49 7,37		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		kein↓			
		PaO ₂ :		sign↓			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 72,9 ± 11,7 PaCO ₂ : 41,4 ± 5,0		61,3 ± 11,0 47,9 ± 3,7		** 509 ± 40	
		PaO ₂ : 60,9 ± 6,7 PaCO ₂ : 43,5 ± 7,5		66,8 ± 8,0 52,4 ± 7,5		** 516 ± 94	

+ Schwankungen während Belastung

++ O₂-Atmung 100 Vol%

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Reichel, G., E.Schürmeyer, E.W.Bartel- heimer (1966)	90 männl./ (mittel- gradg. Silikose)	Arterienpunktion: PaO ₂ u. PaCO ₂ : Elektrode von Gleichmann- Lübbers p _H : Glas- elektrode	Fahrrad- ergometer	80 W
Radwan, L., A.Kaziorowski (1967)	10 männl./ weibl. (Emphysem)	art.Kapillarblut: PaCO ₂ und p _H : nach Astrup	Ergometer (Zimmer- mann)	Ø 50 W (30-100 W) 10 min
	12 männl./ weibl. (verstreut. Vdg. versch. Atiol.)			
Filley, G.F., H.J.Beckwitt, J.T.Reeves, R.S.Mitchell (1968)	* 122 männl./ weibl. (Emphysem) (bronchiale chron.Atem- beschwer- den)	art.Kapillarblut: PaO ₂ : Clark- Elektr. PaCO ₂ :Severing- haus- Elektrode/ rechn. p _H : Clark- Elektrode	Tretmühle (oder liegend mit Fahrrad)	6 min "st.st."

* Anzahl gemeinsam für beide Krankheitsbilder

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : Ø 77 PaCO ₂ : Ø 38		Ø 75,6 Ø 36,1			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : Ø 42,6		51,2			
		p _H :		Δ 0,07			
		PaCO ₂ : Ø 41,4		43,5			
		p _H :		Δ 0,07			
ca. 1,0	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 89,03		84,83			
		PaCO ₂ : 42,63		42,91			
		p _H : 7,39		7,35			
		PaO ₂ : 77,71 PaCO ₂ : 50,00 p _H : 7,37		67,55 48,64 7,35			

3.1.3. Tabelle der ausgewerteten Literaturstellen

Prüfstandbelastung an Patienten mit

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methode	Arbeits- belastung	
Cullen,G.E., T.R.Harrison, J.A.Calhoun, W.E.Wilkins, M.M.Tims (1931)	2 männl. (syphilit. Aortenin- suffiz.)	art.Blutgaswerte: PaCO ₂ :Hasselbalch Henderson p _H : Cullens- Methode	Laufen (220 hohe Schritte pro min.)	2 min (max.Be- lastung)
Rossier, P.H., A.Bühlmann, K.Wiesinger (1956)	1 männl. 19 J. (Vorhofsep- tumdefekt)	Arterienpunktion (evtl.Kanüle): PaO ₂ :Bartels- Elektrode	Fahrrad- ergometer	100 W
	1 weibl. 28 J. (Ductus Botalli)	PaCO ₂ :Hasselbalch Henderson p _H : Lecomte- Elektrode		50 W
	1 männl. 50 J. (Vorhofsep- tumdefekt u Pulm.-Skl.)	O ₂ -Sttg.:photo- elektr.		30 W
	1 männl. 34 J. (Mitral- stenose)			60 W
	1 weibl. 39 J. (Pericard.)			100 W

der Jahre 1931 bis 1966 über
verschiedenen Herzerkrankungen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 31,8 p _H : 7,55 Sa: 92,5			33,2 7,485 94,9		
1,170	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 37,0 p _H : 7,39 Sa : 96,0		36,7 7,32 98,3			
0,750		PaCO ₂ : 34,0 p _H : 7,39 Sa: 95,8		33,0 7,36 95,4			
0,625		PaCO ₂ : 32,0 * p _H : 7,39 * Sa : 85,4 *		27,6 ± 0 88,7			
0,930		PaCO ₂ : 32,8 p _H : 7,41 Sa : 94,6		33,0 7,39 94,8			
1,290		PaCO ₂ : 38,9 p _H : 7,36 Sa : 92,7		38,1 7,35 98,0			

* gemessen im Lungenvenenblut

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methoden	Arbeits- belastung	
Linderholm, H. (1959)	männl./ weibl. (Mitral- stenose)	Arterienpunktion: PaO ₂ :Hg-Tropf- Elektrode PaCO ₂ : rechn.	Fahrrad- ergometer sitzend	keine Angabe
Vreden, E. (1963)	* 93 männl./ weibl. (cardiale Insuffiz.)	art.Blutgaswerte Combianalysator u.Mikrograph	Fahrrad- ergometer (Lohde)	100-160 W 8-10 min
Koch, G. (1965)	20 männl./ weibl. (Herz-und Lungenld.)	Arterienpunktion: PaCO ₂ :Siggaard- Andersen	Fahrrad- ergometer	12,2 bis 147 W
Marx, H.H., H.E. Zühlke, B.Schütze (1965)	1 männl. (kombin. Mitralvit.)	art.Kapillarblut: p _H : Astrup	Fahrrad- ergometer	60 W 12 min " st.st."

* Gesamtzahl von untersuchten Patienten und Normpersonen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
0,757	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 81 PaCO ₂ : 35		73 33			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : ernied- rigt/ norm. PaCO ₂ : er- niedrigt	↓ ± 0	↓ ↓			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :	26,5 -49	26,5 -49			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	pH :		7,330 ↓			

3.1.3. Tabelle der ausgewerteten Literaturstellen

Prüfstandbelastung an Patienten mit

Autor mit Jahreszahl	Patienten	Untersuchungs- methoden	Arbeits- belastung	
Hürter, J. (1912)	1 weibl. (M.Vaquez)	Arterienpunktion: O ₂ -u.CO ₂ -Ghlt.: Haldane- Barcroft	Bewegungen (außerhalb des Bettes)	keine Angabe
Whitehead, T.P. (1965)	1 männl. (Pylorus- stenose)	art.Kapillarblut: PaCO ₂ und p _H : nach Astrup	keine Angabe	keine Angabe
Dempsey, J.A., W. Reddan, J. Rankin, B.Balke (1966)	13 männl. Ø 22,7 J. (Obesitas)	Arterienkanüle: PaO ₂ : Clark- Elektr. PaCO ₂ : und p _H : nach Astrup	Fahrrad- ergometer	Beginn mit 50 W "st.st."
Mannhart, M., A.Kostyal, H.R.Baumann, H.Herzog (1966)	1 weibl. 33 J. (Grav.)	art.Blutgaswerte: keine Angaben	keine Angabe	80 W 9 min

der Jahre 1912 bis 1966 über
verschiedenen Erkrankungen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	CaO ₂ : 19,31 CaCO ₂ : 46,12		20,71 44,45			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ : 48 p _H : 7,52			43 7,40		
1,5	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaC ₂ : 88 PaCO ₂ : 38,5		84 38			
2,0		PaO ₂ : PaCO ₂ :		83 37			
2,5		PaO ₂ : PaCO ₂ :		81,5 36			
2,75		PaO ₂ : PaCO ₂ :		84 34,5			
1,25	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : 93 PaCO ₂ : 38,8 p _H : 7,47 Sa : 97,6		68 51,1 7,30 90,7			

3.2. Tabelle der ausgewerteten
1925 bis 1968 über

Autor mit Jahreszahl	Probanden	Untersuchungs- methoden	Sportliche Belastungsart
Schenk, P. (1925)	keine Angabe (Hoch- leistungs- sportler)	art.Blutgase: keine Angabe	wettkampfmäßiges Laufen von Kurz- strecken (100 m, 200 m, 400 m) Langstrecken (5000 m, 10 000 m)
Ewig, W. (1926)	1 männl. (Sportler)	Arterienpunktion: PaCO ₂ :rechnerisch nach Haldane p _H :Hasselbalch/ elektrometr. CO ₂ -Ghlt:van Slyke	Rudern bis zu starken Ermüdungsanzeichen 3 - 4 min.
Ewig, W. (1928)	1 männl. (Sportler)	art.Blutgase: Alkalireserve: Microbarcroft	Wettlauf von 10 km
Parade, G.W., H.Otto (1939)	17 männl. (Student) untrainiert, trainiert Weltmeister- schafts- ruderer	art.Blutgase: Alkalireserve: nach van Slyke	Wettlauf von 600 m 2 : 15,6 bis 2 : 44,6 min

Literaturstellen der Jahre
sportliche Belastungen

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse Belastung	Ergebnisse Belastung					
			Ruhe	Mitte	Ende	Erholung (min)		
						0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ :		↓	↓	↓		
		p _H : Alkalires.: Ø 48,1	↓	↓	↓*	Ø 28,2	↓	
		PaO ₂ :		↓	↓	↓		
		p _H : Alkalires.: Ø 48,1	↓	↓	↓*	Ø 28,2	↑	
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :39,8 p _H : 7,34 CaCO ₂ :52,6	** 42,8	27,9 7,26	28,5			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	Alkalires.: 53,2			↓	49,8 (15 Std.)	52,4 (39 Std.)	
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	Alkalires.: 64,88-81,86 (ccm)		Δ20-28% ↓				

* nach Belastung noch erhebliche Säuerung des Blutes
** im "toten Punkt"

Autor mit Jahreszahl	Probanden	Untersuchungs- methode	Sportliche Belastung
Parade, G.W., H.Otto (1939)	12 männl. trainiert untrainiert	art. Blutgase: Alkalireserve: van Slyke	600 - m - Lauf 3 min. Dauer
Rossier, P.H., A.Bühlmann, K.Wiesinger (1956)	1 männl. Sportler 1 männl. Sportler	Arterienpunktion: PaO ₂ : nach Bartels PaCO ₂ : Henderson- Hasselbalch p _H : Lecomté-Elektrode Sa: oxymetrisch	200 - m - Schwimmen
Hollmann, W., H.Venrath, C.Bouchard, H.Buddinger (1964)	keine Angabe	art. Blutgase: keine Angabe	Langstrecken-, Hindernis- und Querfeldeinläufe (langdauernd)
Kaufmann, W., G.Tilmann (1967)	106 männl. Wett- kämpfer	art. Kapillarblut: p _H , PaCO ₂ , Standard- bikarbonat, Base- Exzess: nach Andersen, Engel, Astrup, Jørgensen	Wettkampf - Lauf 100 m

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	Alkalires.: 64,88-81,86 (ccm)		↓ Δ7,82% Δ29,56% ↓			
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : Sa:			56 52,1 7,29 84,2		
		PaO ₂ : PaCO ₂ : p _H : Sa:			58 51,8 7,31 87,5		
bis 4,0	O ₂ - Atmung 21 Vol%	p _H :	keine nennenswerten Veränderungen				
keine Angabe	O ₂ - Atmung 21 Vol%	PaCO ₂ :41,3 ±2,0 (36,1±2,65) p _H : 7,39 (7,37) ⁺ (HCO ₃ ⁻):23,7 ±1,28 (21,2±1,56) ⁺ m val/l			±35,8 ±5,2 7,25 ±15,7 ±1,44		

* nach "Einlaufen" d.h.10 min.-Dauerlauf, leichte Gymnastik,
2 - 3 Steigerungsläufe über 60 - 80 m

Autor mit Jahreszahl	Probanden	Untersuchungs- methode	sportliche Belastung
Kaufmann, W., et al. (1967)			
			200 m
			400 m
			800 m
			1.000 m

$\dot{V}O_2$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		BE: $-0,2^{\pm}$ $(-3,6^{\pm 1,45}, 1,86^{\pm})$ mval/l		$-11,7^{\pm}$ 2,04	$-11,7^{\pm}$ 2,04		
		PaCO ₂ :			$35,7^{\pm}$ 6,85		
		p _H :			7,20		
		(HCO ₃ ⁻) _{Stand:}			14,3		
		BE :			$\pm 1,34$ -14,0		
					$\pm 2,48$		
		PaCO ₂ :			$40,2^{\pm}$ 7,49		
		p _H :			7,13		
		(HCO ₃ ⁻) _{Stand:}			$12,7^{\pm}$ 1,45		
		BE:			$-17,3^{\pm}$ 2,95		
		PaCO ₂ :			$32,9^{\pm}$ 4,27		
		p _H :			7,09		
		(HCO ₃ ⁻) _{Stand:}			$10,9^{\pm}$ 1,52		
		BE:			$-20,4^{\pm}$ 3,05		
		PaCO ₂ :			$39,6^{\pm}$ 4,95		
		p _H :			7,09		
		(HCO ₃ ⁻) _{Stand:}			$11,8^{\pm}$ 1,74		
		BE :			$-18,7^{\pm}$ 2,38		

⁺ nach "Einlaufen", d.h. 10 min.-Dauerlauf, leichte Gymnastik,
2 - 3 Steigerungsläufe über 60 - 80 m

Autor mit Jahreszahl	Probanden	Untersuchungs- methode	sportliche Belastung
Kaufmann, W., et al. (1967)			1500 m
			3000 m
			5000 m
Metzner, A., J. Willmann, E. Gadermann (1968)	8 männl. Sportler Ø 25 J.	art.Blutgase: PaCO ₂ :nomogra- phisch p _H : Astrup Alkalires.:nomo- graphisch	400 m - Lauf 47 - 48 sec
	8 männl. Untrainier- te Ø 25 J.		400 m - Lauf 57 - 65 sec

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft-/Orts- verhältnisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
		PaCO ₂ :			34,3 [±] 6,23		
		p _H :			7,12		
		(HCO ₃ ⁻) Stand:			11,9 [±] 0,84		
		BE :			-18,3 [±] 1,72		
		PaCO ₂ :			33,8 [±] 4,6		
		p _H :			7,17		
		(HCO ₃ ⁻) Stand:			13,0 [±] 2,16		
		BE :			15,9 [±] 3,78		
		PaCO ₂ :			34,2 [±] 4,10		
keine Angabe	O ₂ -Atmung 21 Vol%	p _H :			7,23		
		(HCO ₃ ⁻) Stand:			14,9 [±] 2,43		
		BE :			-12,6 [±] 4,14		
		PaCO ₂ : 40,7 ± 2,4*			36,7 [±] 8,1	27,4	
		p _H : 7,387*			Ø	6,957*	
		Alkalires.: 45,0 ± 2,5*				15,6	
		PaCO ₂ : 40,7 ± 2,4*			31,5	28,7	
		p _H : 7,387*			Ø	6,957*	
		Alkalires.: 45,0 ± 2,5*				18,9	

* kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Probandengruppen

3.3 Einzelliteraturstelle über

Autor mit Jahreszahl	Probanden	Untersuchungs- methode	Belastung am Arbeitsplatz
Worth, G., H. Valentin, et al. (1955)	+36 männl. Bergleute Ø 28,5 J. (24 -36 J.)	Arterienpunktion: PaO ₂ und PaCO ₂ : Methode nach Riley, et al. (mod.Björk, Hilty) p _H :Glaselektrode Sa:van Slyke bzw.Brinkmann	Schichtarbeit unter-Tage 8 - 9 Std. (Staubkonzentration 79,4 mg/m ³)

Der Kalorienverbrauch je Minute bei verschiedenen Tätigkeiten

Lfd. Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}_{O_2}^{++}$ STPD
1	Gehen ohne Last	Ebener, glatter Weg, leicht- teste Bekleidung, Turnschuhe 2 km/h 3 km/h 4 km/h	1,2 1,7 2,1	1,1 1,4 1,7
2	Gehen ohne Last	Landstraße, schwere Schuhe 4 km/h Grasweg 4 km/h	3,1 3,6	2,3 2,6

- +) durchschnittliche "unter-Tage"-Arbeitszeit: 6,06 J.
 ++) $\dot{V}_{O_2} \approx 0,62 \times (\text{kcal}) + 0,35 \quad (l/\text{min STPD})$
 nach ROSSIER et al. (1956)

Belastungen am Arbeitsplatz

$\dot{V}_{O_2}$ Belastung	Luft/ Orts- verhält- nisse	Ergebnisse					
		Ruhe	Belastung		Erholung (min)		
			Mitte	Ende	0-5	-15	-30
Ø 0,326 *	O ₂ -Atmung	PaO ₂ : 83,0 ± 7,6			80,4 ± 8,0		
** Ø 0,334	20,1 - 20,8 Vol %	PaCO ₂ : 36,6 ± 4,6 P _H : 7,32 ± 0,049 Sa : 97,1 ± 1,9			35,1 ± 5,1 7,27 ± 0,054 95,8 ± 2,2		

Der Kalorienverbrauch je Minute bei verschiedenen Tätigkeiten

(LEHMANN, G.: Prakt.Arbeitsphysiologie, Thieme, Stuttgart
1952, Seite 148)

Lfd. Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/	$\dot{V}_{O_2}$ STPD
1	Gehen ohne Last	Ebener, glatter Weg, leichteste Bekleidung, Turnschuhe 5 km/h 6 km/h 7 km/h	2,8 3,8 5,4	2,1 2,7 3,7
2	Gehen ohne Last	Stoppelacker, Fichtennadel- boden und Kartoffelfurche 4 km/h Geschälter Stoppelacker (sandiger Lehm Boden) 3,5 km/h	4,3 4,3	3,1 3,1

* vor der Schicht

** nach der Schicht

Lfd. Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/min	$\dot{V}O_2$ STPD
2	Gehen ohne Last	Schwerer tiefgepflügter und geeegter Lößlehmboden 3 km/h	5,2	3,6
3	Gehen mit Rückenlast	Ebener, fester Weg 10 kg Last 4 km/h 30 kg Last 4 km/h 50 kg Last 4 km/h 75 kg Last 3,5 km/h 100 kg Last 3 km/h Energieverbrauch für Tragen mit beiden Händen bis 40 kg Last etwa 10%, beim Tragen im Joch etwa 20 % niedriger als beim Tragen auf dem Rücken.	3,6 5,3 8,1 11,7 15,0	2,6 3,65 5,35 7,6 9,65
4	Steigen	Schiefe Ebene, glatte Bahn, 2,5 km/h, Rückenlast, 10° Steigung. Steiggeschw. 7,24 m Höhe/min unbelastet 20 kg Last 50 kg Last 16° Steigung. Steiggeschw. 11,5 m Höhe/min unbelastet 20 kg Last 50 kg Last 25° Steigung. Steiggeschw. 17,6 m Höhe/min unbelastet 20 kg Last 50 kg Last T r e p p e 30,5° Steigung. Auftritt 29 cm, Stufenhöhe 17,2 cm, 100 Stufen/min = 17,2 m Höhe/min. Last seitlich an Schultergurten befestigt unbelastet 20 kg Last 50 kg Last	4,9 6,1 9,2 8,3 10,5 16,0 13,3 17,2 27,1 13,7 18,4 26,3	3,4 4,15 6,05 5,5 6,85 10,3 8,6 11,05 17,2 8,9 12,15 16,6

Lfd Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}O_2$ STPD
4	Steigen	L e i t e r Sprossenabstand 17 cm. 70 Sprossen/min. Last auf dem Rücken. 50° Neigung Steiggeschw. 9,12 m Höhe/min unbelastet 6,6 4,45 20 kg Last 8,4 5,55 50 kg Last 13,2 8,55 70° Neigung. Steiggeschw. 11,2 m Höhe/min unbelastet 8,0 5,3 20 kg Last 10,2 6,7 50 kg Last 16,0 10,3 90° Neigung. Steiggeschw. 11,9 m Höhe/min unbelastet 10,4 6,8 20 kg Last 13,5 8,75 50 kg Last 24,3 15,4		
5	Abwärts gehen	S c h i e f e E b e n e 5 km/h (Tretbahnwerte + 10%) 5° 2,2 1,7 10° 1,8 1,47 20° 2,7 2,02 30° 3,8 2,70		
6	Radfahren	Glatte Straße ohne Gegen- wind Geschwindigkeit 12 km/h 3,5 2,5 Geschwindigkeit 16 km/h 5,2 3,6 Geschwindigkeit 20 km/h 7,8 5,2		
7	Wagen schieben	3,6 km/h, ebener, fester Weg (Tretbahnwerte + 20 %). Handgriffhöhe 100 cm Schubkraft 11,6 kg 7,7 5,1 Schubkraft 16,1 kg 10,6 6,9		

Lfd Nr,	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	Kcal/ min	$\dot{V}_{O_2}$ STPD
8	Wagen ziehen	3,6 km/h, ebener, fester Weg (Tretbahnwerte + 20 %). Handgriffhöhe 100 cm Zugkraft 11,6 kg Zugkraft 16,1 kg	8,5 10,9	5,65 7,1
9	Schubkarre fahren	4,5 km/h. M o d e r n e E i s e n k a r r e, ebene glatte Betonstraße 57 kg Last, Eisenbereifung 150 kg Last, Eisenbereifung 150 kg Last, Gummibereifung ebenes Kopfsteinpflaster 150 kg Last, Eisenbereifung 150 kg Last, Gummibereifung	4,0 4,7 5,9 8,8 7,0	2,8 3,2 4,0 5,8 4,7
10	Axtarbeit	zweihändige Schlagarbeit, 2 kg Axtgewicht, 35 Schläge/min waagerechter Schlag senkrechter Schlag	9,5 - 11,0 10,0 - 11,5	6,25 - 7,2 6,55 - 7,5
11	Beilarbeit	Holzstempel anspitzen 34 Schläge/min 51 Schläge/min	3,7 4,6	2,65 3,2
12	Eisen feilen	42 Feilstriche/min. 3,89 kcal je g Feilspäne 60 Feilstriche/min. 2,82 kcal je g Feilspäne 80 Feilstriche/min. 2,94 kcal je g Feilspäne	2,0 2,5 4,2	1,6 1,9 2,95
13	Hammerarbeit	zweihändige Schlagarbeit mit voller Kraft 4,4 kg Hammergewicht 15 Schläge/min Hubschlag Rundschlag	7,3 6,7	4,9 4,5

Lfd. Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}O_2$ STPD
13	Hammerarbeit	10,6 kg Hammergewicht 10 Schläge/min Hubschlag Rundschlag	8,2 7,3	5,45 4,9
14	Holzsägen	S t e h e n d ausgeführter Trennschnitt am liegenden 30 cm dicken Nadelholz- stamm mit 2-Mann-Zugsäge, Dreieckzahn 60 Doppelzüge/min K n i e n d ausgeführter Fällschnitt (Nadelholz) mit 2-Mann-Zugsäge, 1400 mm lang und Dreieckzahn 60 Doppelzüge/min	9,0 12,0	5,9 7,8
15	Mauern	Normalformat 0,0041 m ³ /min 2 Handstein 0,015 m ³ /min	3,03 2,75	2,2 2,05
16	Schaufeln	Schaufelgut Sand, Schaufellast 8 kg <u>Wurfweite 1 m</u> <u>Hübe/min 15</u> <u>Wurfhöhe 0,5 m</u> <u>kcal je Hub</u> 0,420 <u>Wurfhöhe 1,0 m</u> <u>Hübe/min 12</u> <u>kcal je Hub</u> 0,550 <u>Wurfhöhe 1,5 m</u> <u>Hübe/min 12</u> <u>kcal je Hub</u> 0,670 <u>Wurfhöhe 2,0 m</u> <u>Hübe/min 12</u> <u>kcal je Hub</u> 0,740 <u>Wurfweite 2 m</u> <u>Wurfhöhe 0,5 m</u> <u>Hübe/min 12</u> <u>kcal je Hub</u> 0,600 <u>Wurfhöhe 1,0 m</u> <u>Hübe/min 10</u> <u>kcal je Hub</u> 0,780	6,3 6,6 8,0 8,9 7,2 7,8	4,25 4,45 5,30 5,85 4,8 5,2

Lfd Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}_{O_2}$ STPD
16	Schaufeln	<u>Wurfweite 2 m</u> Wurfhöhe 1,5 m Hübe/min 10 <u>kcal je Hub 0,900</u> Wurfhöhe 2 m Hübe/min 10 <u>kcal je Hub 1,000</u> <u>Wurfweite 3 m</u> Wurfhöhe 1,0 m Hübe/min 10 <u>kcal je Hub 0,880</u> Wurfhöhe 1,5 m Hübe/min 10 <u>kcal je Hub 0,950</u> Wurfhöhe 2,0 m Hübe/min 10 <u>kcal je Hub 1,040</u>	9,0 10,0 8,8 9,5 10,4	5,9 6,55 5,8 6,25 6,8
17	Schrauben eindreihen	Schraubenkopfhöhe 96 cm über dem Boden. Schneide- breite 10 mm bzw. 14 mm Maulweite Normaler Schraubenzieher waagrechte Schraube Leistung: 8 mkg/min senkrechte Schraube Leistung: 8 mkg/min senkrechte Schraube Leistung: 15 mkg/min <u>Steckschlüssel</u> senkrechte Schraube Leistung: 8 mkg/min w.o. 15 mkg/min w.o. 22 mkg/min <u>Schraubenschlüssel</u> senkrechte Schraube Leistung: 8 mkg/min w.o. 15 mkg/min w.o. 22 mkg/min	 0,5 1,2 1,6 0,7 1,0 1,5 0,8 1,0 1,2	 0,66 1,1 1,3 0,78 0,97 1,28 0,84 0,97 1,1

Lfd Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}O_2$ STPD
ad 17		<u>Bohrwinde</u> senkrechte Schraube Leistung: 15 mkg/min w.o. 22 mkg/min w.o. 30 mkg/min w.o. 40 mkg/min	 1,2 1,3 1,5 1,6	 1,1 1,2 1,3 1,3
18	Graben	G ä r t n e r s p a t e n Lehmboden G r a b g a b e l Lehmboden	7,5 - 8,7 8,7 - 10,7	5,0 - 5,75 5,75 - 7,0
19	Pflügen	vierschariger Pflug, pferdebespannt	3,6 - 4,9	2,6 - 3,4
20	Rüben hacken	50 Hackenschläge/min. Vpn weibl. Hackenge- Stielliän- Blatt- wicht kg ge cm breite cm 0,75 142 16 1,25 152 18 1,50 128 14	 2,7 3,2 2,6	 2,1 2,3 1,95
21	Rüben verziehen	schwerer Boden, Reihenab- stand 50 cm, Vpn. weiblich in Bückstellung 4.68 m ² /min kniend 4.64 m ² /min mit Stützapparat 3.44 m ² min	 2,6 2,4 2,5	 1,95 1,8 1,9
22	Mähen	K l e e W i n t e r w e i z e n G e r s t e	8,3 7,5 7,3	5,5 5,0 4,9

Lfd Nr.	Tätigkeit	Arbeitsbedingungen	kcal/ min	$\dot{V}_{O_2}$ STPD
23	Kartoffeln verlesen	kniend, 6,4 kg/min sitzend, 7,6 kg/min Vpn.weiblich	2,6 1,4	1,95 1,3
24	Melken	Normalmelkbare Kühe 4,2 cm ³ /Zug.180 Züge/min Schwermelkbare Kühe 3,7 cm ³ /Zug.159 Züge/min	2,2 3,2	1,7 2,3
25	Hauswirtschaft- liche Arbeiten	Kocharbeiten im Stehen oder Gehen Schuhe putzen Geschirr spülen Maschinennähen Teig kneten Kaffee mahlen Staub wischen Fenster putzen Wäsche bügeln An-und Auskleiden, waschen Moppen Kehren Herd putzen Bürsten von Teppichen und Matratzen Wringen mit der Hand Wäsche aufhängen und abnehmen Betten machen Wäsche mit der Hand auf dem Waschbrett waschen Bohnern mit Bohnerbesen Teppiche klopfen Fußboden aufwaschen Wäsche spülen Wäsche durch Wringmaschine drehen Waschmaschine drehen	1,0 - 2,0 2,0 - 3,0 3,0 - 4,0 4,0 - 5,0 5,0 - 6,0	0,97 - 1,6 1,6 - 2,2 2,2 - 2,8 2,8 - 3,45 3,45 - 4,0

4.0. Ergebnisse

4.1. Männliche Normalpersonen

4.1.1. Ergebnisse bei männlichen Normalpersonen in Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung am Prüfstand

Die Auswertung erforderte die Zusammenfassung von Kollektiven aus verschiedenen Publikationen zu sogenannten "Ergebnisgruppen".

Voraussetzung für die Aufnahme von Einzelkollektiven in eine Ergebnisgruppe war die Vergleichbarkeit in folgenden Kriterien:

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Geschlecht | 4. Belastungsstärke |
| 2. Alter | 5. Belastungsdauer |
| 3. Untersuchungsmethodik | 6. Ortshöhe |

4.1.1.1. Altersgruppe der 15- bis 30-Jährigen:

Untersuchungen des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes liegen von 321 Probanden mit einem mittleren Alter von $23,3 \pm 3,9$ J. vor (7,18,21,54,82,91,106,121,130,131). Der PaO_2 beträgt unter Ruhebedingungen im Durchschnitt $90,48 \pm 3,05$ mm Hg und nach einer Belastung mit 120 W von $6,8 \pm 2,5$ min. $90,90 \pm 4,25$ mm Hg (7,18,121,131). Eine 150-W-Belastung führt zu einem Abfall auf $87,87 \pm 1,30$ mm Hg (130). Als Extremwert wird bei 200 W ein PaO_2 -Anstieg auf 110 mm Hg (54) und bei 238 W ein Abfall auf 86 mm Hg (7) beobachtet (s. Tab. II).

Der CO_2 -Partialdruck liegt in Ruhe bei $39,6 \pm 2,27$ mm Hg, erhalten aus einem Kollektiv von 356 männlichen Normal-

Tab.II.: Mittelwerte und Standardabweichungen für PaO_2 während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung bei männlichen Normalpersonen verschiedener Altersstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer so- wie der bearbeiteten Literaturstellen.

PaO_2

n	Alter (Jahre)	Ruhe	90	Belastung in Watt		t (min)	Literatur
				120	150		
321	23,3 ± 3,9	90,48 ± 3,05		90,90 ± 4,25	87,87 ± 1,30	6,77 ± 2,52	7,18,21,54,82,91, 106,121,130,131;
251	35,6 ± 3,2	87,71 ± 3,07		86,53 ± 2,68	85,50 ± 1,13	6,83 ± 3,61	81,88,106,121, 130,131;
224	46,1 ± 2,6	87,46 ± 5,94	85,77 ± 5,43	90,55 ± 3,46	79,20 ± 0,14	6,39 ± 2,37	53,106,121,130, 131;
217	55,8 ± 3,0	82,91 ± 2,59	84,20 ± 0,99	78,80 ± 5,07		5,07 ± 1,17	99,106,121,130, 131;
150	63,4 ± 2,6	79,44 ± 4,13		75,27 ± 5,35		5,62 ± 0,25	106,121,130,131;

personen mit einem Alter von $24,3 \pm 4,1$ J. (7,14,15,18,21, 54,82,91,93,106,121,130,131). Bei einer durchschnittlichen Belastungsdauer von $6,5 \pm 2,6$ min. steigt der PaCO_2 unter 120 W auf $40,34 \pm 0,21$ mm Hg (7,121,131) und bei 150 W auf $40,47 \pm 0,16$ mm Hg (130). Als Extremwerte sind ein Abfall auf 35,0 mm Hg bei 238 W Belastung (7) sowie ein Anstieg auf 43,1 mm Hg bei 80 W (106) beschrieben (s.Tab.III).

Das p_H liegt für 139 Probanden (mittleres Alter: $24,1 \pm 3,9$ J.) unter Ruhebedingungen bei $7,387 \pm 0,043$ (14,15,18,54,82,93, 100,130). Die Belastung mit 150 W führt zu einem durchschnittlichen p_H -Wert von $7,402 \pm 0,009$ (130). Besonders niedrige Werte werden bei 170 W mit $7,213 \pm 0,024$ angegeben. (14,15) - (s.Tab.IV).

4.4.1.2. Altersgruppe der 31- bis 40-Jährigen:

Der arterielle O_2 -Partialdruck beträgt bei insgesamt 251 Probanden (durchschnittliches Alter $35,6 \pm 3,2$ J.) unter Ruhebedingungen im Mittel $87,71 \pm 3,07$ mm Hg (81,88, 106,121,130,131). Bei einer Belastungsdauer von $6,8 \pm 3,6$ min. ergibt sich unter 120 W ein PaO_2 von $86,53 \pm 2,68$ mm Hg (121, 130), bei 150 W ein O_2 -Wert von $85,50 \pm 1,13$ mm Hg (130). Als Extremwerte sind bei 52 W ein Anstieg auf 96 mm Hg (88) und bei 120 W ein Abfall auf 84,0 mm Hg (121) beschrieben (s.Tab. II).

Der CO_2 -Partialdruck liegt für das gleiche Kollektiv in Ruhe bei $39,25 \pm 1,23$ mm Hg (81,88,106,121,130,131). Eine

Tab.III: Mittelwerte und Standardabweichungen für PaCO_2 während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung an männlichen Normalpersonen verschiedener Alterstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer sowie der bearbeiteten Literaturstellen.

n	Alter (Jahre)	Ruhe	90	Belastung in Watt			t (min)	Literatur
				120	150	170		
356	24,3 ± 4,1	39,60 ± 2,27		40,34 ± 0,21	40,47 ± 0,16	39,25 ± 2,33	6,53 ± 2,58	7,14, 15, 18, 21, 54, 82, 91, 93, 106, 121, 130, 131;
251	36,0 ± 3,1	39,25 ± 1,23		40,50 ± 0,79	40,35 ± 0,07		6,94 ± 3,84	81, 88, 106, 121, 130, 131;
224	46,1 ± 2,6	38,21 ± 2,34	38,63 ± 4,62	38,55 ± 0,07	40,65 ± 0,07		6,39 ± 2,37	53, 106, 121, 130, 131;
217	55,8 ± 3,0	39,27 ± 1,22	41,50 ± 0,28	40,10 ± 0,61			5,07 ± 1,17	99, 106, 121, 130, 131;
150	63,4 ± 2,6	40,04 ± 0,78		40,66 ± 2,32			5,62 ± 0,25	106, 121, 130, 131;

mittlere Belastungsdauer von $6,9^{+3},8$ min. führt unter 120 W zu einem Anstieg auf $40,50^{+0},79$ mm Hg (121,131), bei 150 W auf $40,35^{+0},07$ mm Hg (130). Als Extremwert wird unter 170 W ein Abfall auf 35,2 mm Hg (81) angegeben (s.Tab. III).

Das p_H zeigt bei 82 männlichen Normalpersonen im Alter von $36,0^{+3},4$ J. einen mittleren Ruhewert von $7,406^{+0},011$ (81, 88,130). Bei 150-W-Belastung beträgt der p_H -Wert $7,408^{+0}$ (130), bei 170 W $7,32$ (81). Die durchschnittliche Belastungsdauer in den vergleichbaren Arbeiten beläuft sich auf $9,0^{+4},5$ min (s.Tab. IV).

4.1.1.3. Altersgruppe der 41- bis 50-Jährigen:

Die arterielle Sauerstoffspannung liegt, gemessen an 224 Probanden im mittleren Alter von $46,1^{+2},6$ J., in Ruhe durchschnittlich bei $87,46^{+5},94$ mm Hg (53,106,121,130, 131). Nach einer Gesamtbelastungsdauer von $6,4^{+2},4$ min. mit 90 W zeigt sich ein PaO_2 -Abfall auf $85,77^{+5},43$ mm Hg (53,131), bei 120 W ein Anstieg auf $90,55^{+3},46$ mm Hg (53, 121) und 150 W bedingen ein starkes Absinken auf $79,20^{+0},14$ mm Hg (130). Ein extrem hoher Ruhewert ist mit 97,7 mm Hg angegeben (53) - (s.Tab. II).

Für den CO_2 -Partialdruck weist das gleiche Kollektiv einen mittleren Ruhewert von $38,21^{+2},34$ mm Hg auf (53,106,121,130, 131). Bei einer 90-W-Belastung beträgt der $PaCO_2$ $38,63^{+4},62$ mm Hg (53,131), unter 120 W $38,55^{+0},07$ mm Hg (121,131) und

Tab. IV: Mittelwerte und Standardabweichungen für p_H während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung an männlichen Normalpersonen verschiedener Altersstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer sowie der bearbeiteten Literaturstellen.

n	Alter (Jahre)	Ruhe	PH Belastung in Watt			t (min)	Literatur
			120	150	170		
139	24,1 ± 3,9	7,387 ± 0,043		7,402 ± 0,009	7,213 ± 0,024	6,19 ± 2,48	14,15,18,54,82,93 100,130;
82	36,0 ± 3,4	7,406 ± 0,011		7,408 ± 0,000		9,00 ± 4,53	81,88,130;
66	46,0 ± 2,2	7,405 ± 0,005		7,403 ± 0,000		7,60 ± 2,27	53,130;
69	54,7 ± 2,5	7,409 ± 0,013	7,403 ± 0,008			5,33 ± 0,29	99,130;
24	64,5 ± 3,5	7,399 ± 0,013	7,393 ± 0,018			5,50 ± 0,00	130;

bei 150 W $40,65 \pm 0,07$ mm Hg (130) - (s.Tab. III).

Das p_H liegt für insgesamt 66 Probanden (mittleres Alter $46,0 \pm 2,2$ J.) in Ruhe bei $7,405 \pm 0,005$ (53,130). Eine 150 W starke Belastung führt zu einem geringen Abfall auf $7,403 \pm 0,0$ (130) - (s.Tab.IV).

4.1.1.4. Altersgruppe der 51- bis 60-Jährigen:

Der Sauerstoffpartialdruck liegt in Ruhe bei $82,91 \pm 2,59$ mm Hg, bezogen auf 217 Probanden im Alter von $55,8 \pm 3,0$ J. (99,106,121,130,131). Bei einer mittleren Belastungsdauer von $5,1 \pm 1,2$ min. zeigt sich unter 90-W-Belastung ein Anstieg auf $84,20 \pm 0,99$ mm Hg (131), während 120 W zu einem Abfall auf $78,80 \pm 5,07$ mm Hg führen (121, 130) - (s.Tab. II).

Für die CO₂-Spannung des gleichen Kollektivs beträgt der mittlere Ruhewert $39,27 \pm 1,22$ mm Hg (99,106,121,130,131). Bei 90 W zeigt sich ein Anstieg auf $41,5 \pm 0,28$ mm Hg (131), bei 120 W auf $40,1 \pm 0,61$ mm Hg (121,130) - (s.Tab.III). Das p_H liegt bei 69 männlichen Normalpersonen ($54,1 \pm 2,5$ J.) unter Ruhebedingungen bei $7,409 \pm 0,013$ (99,130). Eine Belastung mit 120 W führt zu einem Abfall auf $7,403 \pm 0,008$ (130), mit 125 W auf $7,367$ (99) - (s.Tab. IV).

4.1.1.5. Altersgruppe der 61- bis 69-Jährigen:

Die arterielle Sauerstoffspannung liegt, bezogen auf 150 Probanden (mittleres Alter $63,4 \pm 2,6$ J.), bei

79,44 $\pm$ 4,13 mm Hg (106,121,130,131). Die durchschnittliche Belastungsdauer beträgt 5,6 $\pm$ 0,3 min. Bei 120 W zeigt sich ein Abfall auf 75,27 $\pm$ 5,35 mm Hg (121,130) - (s.Tab. II).

Das gleiche Kollektiv betreffend liegt der CO₂-Partialdruck in Ruhe bei 40,04 $\pm$ 0,78 mm Hg (106,121,130,131), unter 120 W bei 40,66 $\pm$ 2,32 mm Hg (121,130) - (s.Tab. III).

Das p_H beträgt in Ruhe 7,399 $\pm$ 0,013 sowie bei 120 W Belastung 7,393 $\pm$ 0,018 (130) - (s.Tab. IV).

4.1.2. Ergebnisse bei männlichen Normalpersonen in Ruhe und gegen Ende dosierter "steady-state" -Belastung am Prüfstand

Auf Grund o.a. Differenzierungskriterien läßt sich aus dem gesammelten Material ein Kollektiv von männlichen Normalpersonen erarbeiten, deren Alter von "jugendlich" (123) bis 29 J. angegeben wird.

Die arterielle Sauerstoffspannung liegt bei 146 Probanden mit einem mittleren Alter von 25,5 $\pm$ 1,4 J. unter Ruhebedingungen bei 94,32 $\pm$ 4,67 mm Hg (27,32,37,38,40,42,43,67, 73,123). Als Mittelwerte ergeben sich bei "steady-state"-Belastung mit 50 W 95,00 $\pm$ 6,08 mm Hg (32,42,67), mit 100 W 95,54 $\pm$ 5,02 mm Hg (38,40,43,67,123), mit 150 W 93,87 $\pm$ 3,50 mm Hg (37,67,123) und mit 200 W 95,62 $\pm$ 4,33 mm Hg (38,40, 42,43,67). Als Extremwerte werden in Ruhe 102,40 mm Hg (38) und bei 180 W 70,50 mm Hg (73) beschrieben (s.Abb.1).

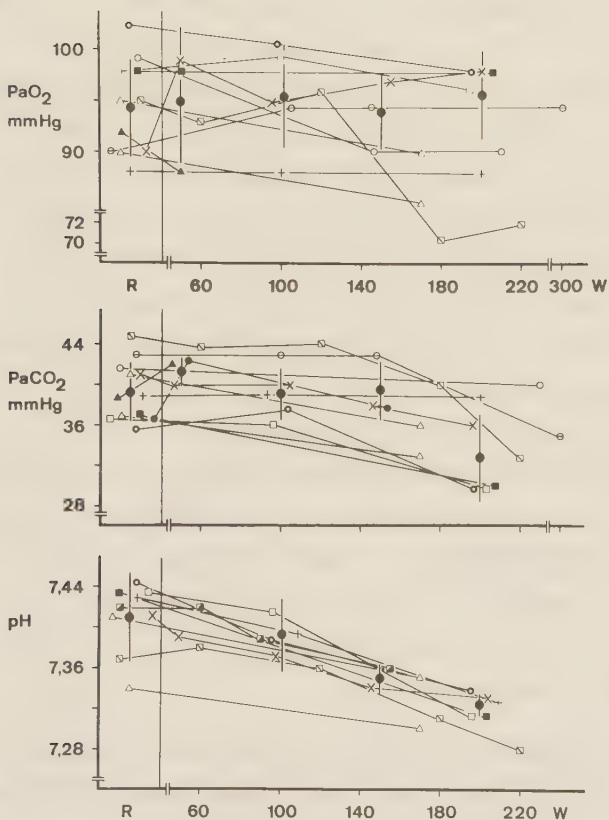


Abb. 1: Mittelwerte von PaO_2 , PaCO_2 und pH bei männlichen Normalpersonen in Abhängigkeit von dosierter "st.-st."-Belastung am Prüfstand. Den Literaturstellen wurden folgende Symbole zugeordnet: 27 $\triangle$, 32 $\blacktriangle$, 37 $\circ$, 38 $\bullet$, 40 $\square$, 42 $\blacksquare$, 43 $+$, 67 $\times$, 71 $\odot$, 73 $\blacksquare$, 90 $\blacksquare$, 123 $\ominus$.

Für den CO₂-Partialdruck zeigt sich, ermittelt aus einem Kollektiv von 167 männlichen Normalpersonen mittleren Alters 25,9[±]1,8 J., ein durchschnittlicher Ruhewert von 39,31[±]2,93 mm Hg (27,32,37,38,40,42,43,67,71,73,123).

Bei einer 50 W "steady-state" -Belastung beträgt der PaCO₂ 41,47[±]1,29 mm Hg (32,67,71), bei 100 W 39,14[±]2,60 mm Hg (38,40,43,67), bei 150 W 39,60[±]2,95 mm Hg (67,71), während 180 W ein PaCO₂ von 42,15[±]2,90 mm Hg (6,73) und 200 W 32,90[±]4,28 mm Hg (38,40,42,43,67) zugeordnet werden. Als Extremwerte gelten 44,2 mm Hg bei 180 W (6) bzw. 29,8 mm Hg bei 200 W (38) - (s.Abb. 1).

Der p_H-Wert unter Ruhebedingungen beträgt bei 92 Probanden -mittleres Alter 25,6[±]1,5 J.- im Durchschnitt 7,410[±]0,044 (27,38,40,42,43,67,73,90). Unter 100 W ergibt sich ein Abfall auf 7,392[±]0,039 (38,40,43,67), während 150 W bzw. 200 W auf 7,350[±]0,014 (67,90) resp. 7,324[±]0,010 (38,40,42,43,67) - (s.Abb. 1).

4.2.1. Ergebnisse bei weiblichen Normalpersonen in Ruhe und zu Ende dosierter Einstufenbelastung am Prüfstand

4.2.1.1. Altersgruppe der 15- bis 30-Jährigen:

Untersuchungen liegen an 98 Probanden mit einem mittleren Alter von 22,9[±]4,7 J. vor (21,130,131). Die arterielle Sauerstoffspannung beträgt unter Ruhebedingungen im Durchschnitt 88,87[±]2,19 mm Hg. Während einer 90 W Belastung zeigt der PaO₂ einen Abfall auf 88,77[±]4,21 mm Hg (131) und bei 120 W auf 87,33[±]3,52 mm Hg (130) - (s.Tab.V).

Tab. V: Mittelwerte und Standardabweichungen für PaO_2 während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung an weiblichen Normalpersonen verschiedener Altersstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer sowie der bearbeiteten Literaturstellen.

PaO_2

n	Alter (Jahre)	Ruhe	Belastung in Watt			120	t (min)	Literatur
			50	60	90			
98	22,9	88,87			88,77	87,33	6,14	21,130,131;
	$\pm 4,7$	$\pm 2,19$			$\pm 4,21$	$\pm 3,52$	$\pm 1,70$	
116	35,8	88,57	96,50		85,75	80,75	7,00	88,130,131;
	$\pm 3,0$	$\pm 3,49$	$\pm 2,12$		$\pm 1,20$	$\pm 0,21$	$\pm 2,32$	
100	44,5	83,15		84,55		77,45	5,50	130,131;
	$\pm 2,9$	$\pm 1,48$		$\pm 1,91$		$\pm 0,63$	$\pm 0,00$	
80	54,5	79,78		79,10	72,20		5,50	130,131;
	$\pm 2,7$	$\pm 1,08$		$\pm 4,24$	$\pm 0,57$		$\pm 0,00$	
4	60 bis	78,0			72,3		5,50	130;
	64	$\pm 6,5$			$\pm 7,6$		$\pm 0,00$	

Der CO₂-Partialdruck liegt in Ruhe bei $38,69 \pm 1,66$ mm Hg, das gleiche Kollektiv betreffend (21,130,131). Unter 90 W steigt der PaCO₂ auf $40,53 \pm 0,55$ mm Hg (131) und bei 120 W auf $40,36 \pm 0,38$ mm Hg (130) - (s.Tab.VI).

Das p_H wird in Ruhe mit $7,407 \pm 0,004$, bei 120 W Belastung mit $7,402 \pm 0,009$ angegeben (130) - (s.Tab.VII).

4.2.1.2. Altersgruppe der 31- bis 40-Jährigen:

Der O₂-Partialdruck zeigt bei 127 weiblichen Normalpersonen ($35,8 \pm 3,0$ J.) in Ruhe einen Mittelwert von $88,57 \pm 3,49$ mm Hg (88,130,131). Die Belastungswerte für 50 W liegen bei $96,50 \pm 2,12$ mm Hg (88), für 90 W bei $85,75 \pm 1,20$ mm Hg (131) sowie für 120 W bei $80,75 \pm 0,21$ mm Hg (130) - (s.Tab.V).

Die entsprechenden Werte für die CO₂-Spannung betragen in Ruhe $39,23 \pm 0,50$ mm Hg (88,130,131), unter 50 W Belastung $39,25 \pm 0,07$ mm Hg (88), bei 90 W $40,75 \pm 0,21$ mm Hg (131). 120 W Belastung führen zu einem PaCO₂ von $40,8 \pm 0$ mm Hg (130) - (s.Tab.VI).

Das p_H zeigt bei 78 Probanden ($36,5 \pm 3,1$ J.) einen mittleren Ruhewert von $7,408 \pm 0,005$ (88,130). Die Belastungswerte liegen während 50 W bei $7,386 \pm 0,003$ (88), während 120 W bei $7,401 \pm 0$ (130) - (s.Tab.VII).

Tab. VI: Mittelwerte und Standardabweichungen für PaCO_2 während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung bei weiblichen Normalpersonen verschiedener Altersstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer sowie der bearbeiteten Literaturstellen.

PaCO₂

n	Alter (Jahre)	Ruhe	50	Belastung in Watt 60	90	120	t (min)	Literatur
98	22,9 ± 4,7	38,69 ± 1,66			40,53 ± 0,55	40,36 ± 0,38	6,14 ± 1,70	21,130,131;
116	35,8 ± 3,0	39,23 ± 0,50	39,25 ± 0,07		40,75 ± 0,21	40,8 ± 0,0	7,00 ± 2,32	88,130,131;
100	44,5 ± 2,9	39,80 ± 0,24		41,00 ± 0,42		41,05 ± 0,07	5,50 ± 0,00	130,131;
80	54,5 ± 2,9	39,95 ± 0,26		41,05 ± 0,07	41,55 ± 0,07		5,50 ± 0,00	130,131;
4	60 bis 64	40,0 ± 0,7			41,3 ± 0,8		5,50 ± 0,00	130;

Tab.VII: Mittelwerte und Standardabweichungen für PH während Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung bei weiblichen Normalpersonen verschiedener Altersstufen mit Angabe der mittleren Belastungsdauer sowie der bearbeiteten Literaturstellen.

n	Alter (Jahre)	Ruhe	PH Belastung in Watt		t (min)	Literatur
			50	90		
64	22,0 ± 5,0	7,407 ± 0,004		7,402 ± 0,009	5,50 ± 0,00	130;
78	36,5 ± 3,1	7,408 ± 0,005	7,386 ± 0,003	7,401 ± 0,000	7,75 ± 2,60	88,130;
65	44,5 ± 3,5	7,404 ± 0,000		7,399 ± 0,003	5,50 ± 0,00	130;
55	54,5 ± 3,5	7,401 ± 0,000		7,394 ± 0,000	5,50 ± 0,00	130;
4	60 bis 64	7,408 ± 0,001		7,398 ± 0,013	5,50 ± 0,00	130;

4.2.1.3. Altersgruppe der 41- bis 50-Jährigen:

Der arterielle Sauerstoffpartialdruck zeigt bei 100 weiblichen Normalpersonen (44,5 $\pm$ 2,9 J.) in Ruhe einen Mittelwert von 83,15 $\pm$ 1,48 mm Hg (130,131). Die Belastungswerte für 60 W liegen bei 84,55 $\pm$ 1,91 mm Hg, für 120 W bei 77,45 $\pm$ 0,63 mm Hg (130,131) - (s.Tab. V).

Die CO₂-Spannung beträgt bei dem gleichen Kollektiv unter Ruhebedingungen 39,80 $\pm$ 0,24 mm Hg, unter 60 W-Belastung 41,00 $\pm$ 0,42 mm Hg und unter 120 W 41,05 $\pm$ 0,07 mm Hg (130,131) - (s.Tab.VI).

Für das p_H findet sich bei 65 Probanden ein Ruhewert von 7,404 $\pm$ 0,000, für 120 W Belastung ein Wert von 7,399 $\pm$ 0,003 (130) - (s.Tab. VII).

4.2.1.4. Altersgruppe der 51- bis 60-Jährigen:

Der O₂-Partialdruck wird für 80 Probanden (54,5 $\pm$ 2,9 J.) in Ruhe mit 79,80 $\pm$ 1,08 mm Hg angegeben, bei 60 W mit 79,10 $\pm$ 4,24 mm Hg und bei 90 W mit 72,20 $\pm$ 0,57 mm Hg (130,131) - (s.Tab.V).

Die CO₂-Spannung zeigt für das gleiche Kollektiv einen mittleren Ruhewert von 39,95 $\pm$ 0,26 mm Hg, bei Belastung mit 60 bzw. 90 W Werte von 41,05 $\pm$ 0,07 resp. 41,55 $\pm$ 0,07 mm Hg (130,131) - (s.Tab.VI).

Das p_H beträgt bei 55 Probanden in Ruhe 7,401 $\pm$ 0,000, unter 90 W Belastung 7,394 $\pm$ 0,000 (130) - (s.Tab.VII).

4.2.1.5. Altersgruppe der 60- bis 64-Jährigen:

Untersuchungen liegen an 4 weiblichen Normalpersonen im Alter von 60 bis 64 J. vor (130). Die arterielle O_2 -Spannung wird unter Ruhebedingungen mit $78,0 \pm 6,5$ mm Hg angegeben, unter 90 W Belastung mit $72,3 \pm 7,6$ mm Hg (s.Tab.V).

Der CO_2 -Partialdruck zeigt in Ruhe einen Wert von $40,0 \pm 0,7$ mm Hg, bei 90 W $41,3 \pm 0,8$ mm Hg (s.Tab. VI). Das p_H beträgt während Ruhe 7,408, während 90 W Belastung $7,398 \pm 0,013$ (s.Tab. VII).

4.2.2. Ergebnisse bei weiblichen Normalpersonen in Ruhe und gegen Ende dosierter "steady-state"-Belastung am Prüfstand

Zu dieser Belastungsart liegen in dem hier zusammengestellten Material lediglich die Untersuchungsergebnisse von Bühlmann und Mitarbeitern (1955) vor:

Die Werte von O_2 -, CO_2 -Spannung sowie p_H beziehen sich auf 5 "jugendliche" Probanden -gemischt männlich und weiblich- während Ruhe und unter "steady-state" - Belastung von 40 bis 170 W (15 bis 20 min.): PaO_2 in Ruhe 90-95 mm Hg, unter Belastung 85-90 mm Hg; $PaCO_2$ in Ruhe 37-41 mm Hg, unter Belastung 33-36 mm Hg; die entsprechenden p_H -Werte werden mit 7,34-7,41 bzw. 7,30-7,35 angegeben.

4.3.1. Ergebnisse bei männlichen Sportlern in Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung am Prüfstand

Der O₂-Partialdruck beträgt bei 87 Probanden unter Ruhebedingungen $93,57 \pm 3,21$ mm Hg (40,53,68). Einzelne Belastungswerte liegen für 120 W mit 88,1 mm Hg vor und für 200 W mit 88,5 mm Hg (53). Während 350 W wird der PaO₂ sowohl mit 94 mm Hg (68) als auch mit 86,8 mm Hg (40) angegeben. Die durchschnittliche Belastungsdauer beträgt $8,3 \pm 2,1$ min.

Für die CO₂-Spannung zeigt sich bei 92 männlichen Sportlern ein Ruhrwert von durchschnittlich $39,20 \pm 2,79$ mm Hg (40,53,68,83). Einzelwerte sind angegeben für 120 W mit 39,8 mm Hg (53), für 130 W mit 48,6 mm Hg (83), für 200 W mit 37,3 mm Hg (53) und für 320 W mit 29,1 mm Hg (93). Während 350-W-Belastung liegt der PaCO₂ bei 44 mm Hg (68) und 34,2 mm Hg (40). Als Belastungsdauer ergibt sich ein Mittelwert von $12,33 \pm 6,71$ min.

Das p_H liegt für 94 Probanden während Ruhe bei $7,421 \pm 0,039$ (40,53,68,83,100). Einzelne Belastungswerte finden sich in verschiedenen Arbeiten (53,83,93,100). Während 350 W beträgt der p_H-Wert sowohl 7,385 (68) als auch 7,268 (40).

4.3.2. Ergebnisse bei männlichen Sportlern in Ruhe und gegen Ende dosierter "steady-state" -Belastung am Prüfstand

Der arterielle Sauerstoffpartialdruck zeigt für 158 Probanden einen mittleren Ruhewert von $95,16 \pm 6,63$ mm Hg (7, 40, 65, 118, 123). Durchschnittliche Belastungswerte ergeben sich bei 240 W mit $82,60 \pm 0,85$ mm Hg (7, 118) und bei 300 W mit $92,50 \pm 3,50$ mm Hg (40, 123). Der niedrigste PaO_2 -Wert ist bei 320 W mit 78,8 mm Hg angegeben (65) - (s.Abb. 2).

Die CO_2 -Spannung liegt, erhalten von 197 männlichen Sportlern, in Ruhe bei $38,03 \pm 2,90$ mm Hg (7, 29, 40, 57, 65, 77, 87, 118, 123). Die Mittelwerte liegen für 100 W bei $40,50 \pm 3,54$ mm Hg (77, 123), für 120 W bei $37,90 \pm 1,56$ mm Hg (7, 57), für 150 W bei $40,10 \pm 4,10$ mm Hg (77, 123), für 240 W bei $38,55 \pm 0,64$ mm Hg (7, 118), für 250 W bei $32,17 \pm 2,80$ mm Hg (29, 57, 77) und für 300 W bei $32,50 \pm 2,18$ mm Hg (29, 40, 123) - (s.Abb. 2).

Das pH beträgt bei einem Kollektiv aus 150 Probanden in Ruhe durchschnittlich $7,409 \pm 0,046$ (29, 40, 57, 65, 87, 100, 118). Mittlere Belastungswerte ergeben sich bei 180 W mit $7,300 \pm 0,085$ (87, 100), bei 240 W mit $7,346 \pm 0,010$ (100, 118) und bei 300 W mit $7,288 \pm 0,068$ (29, 40) - (s.Abb. 2).

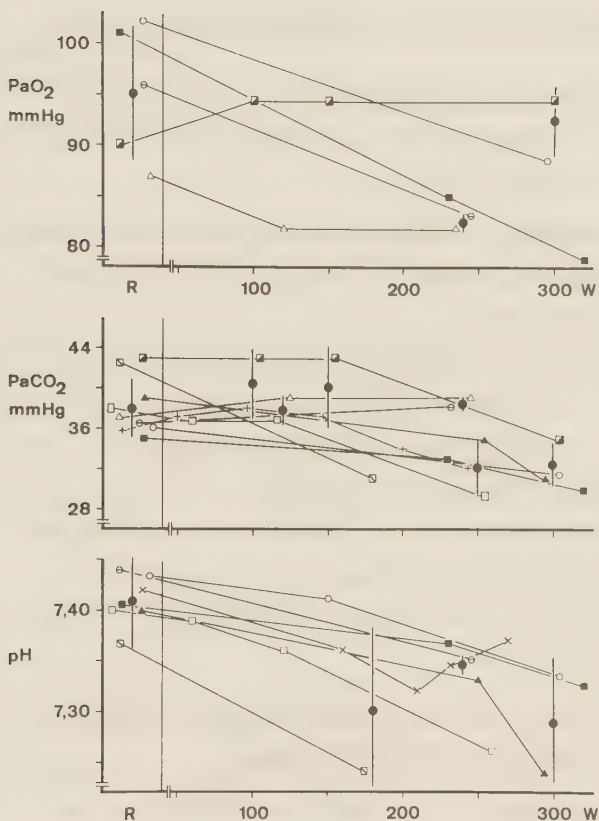


Abb.2: Mittelwerte von PaO_2 , PaCO_2 und pH bei männlichen Sportlern in Abhängigkeit von dosierter "st.-st"-Belastung am Prüfstand. Den Literaturstellen wurden folgende Symbole zugeordnet: 7 $\triangle$, 29 $\blacktriangle$, 40 $\circ$, 57 $\square$, 65 $\blacksquare$, 77 $+$, 87 $\square$, 100 $\times$, 118 $\ominus$, 123 $\blacksquare$.

4.4.1. Ergebnisse bei weiblichen Sportlern in Ruhe und gegen Ende dosierter Einstufenbelastung am Prüfstand

In den zu dieser Arbeit zusammengefaßten Veröffentlichungen liegen keine Angaben vor, die sich auf das Kollektiv weiblicher Sportler beziehen lassen.

4.4.2. Ergebnisse bei weiblichen Sportlern in Ruhe und gegen Ende dosierter "steady-state"-Belastung am Prüfstand

Die entsprechenden Ruhewerte für PaO_2 , PaCO_2 und p_{H} betragen bei 23 Probanden $97,25 \pm 5,16$ mm Hg, $35,65 \pm 0,92$ mm Hg sowie $7,418 \pm 0,017$ (65,118). Einzelergebnisse liegen während "steady-state"-Belastung mit 170 W (118) bzw. 226 W (65) und 320 W (65) vor: für die O_2 -Spannung 89,2 bzw. 84,9 und 78,8 mm Hg, für die CO_2 -Spannung 36,9 bzw. 33 und 30,1 mm Hg und für das p_{H} 7,34 bzw. 7,366 und 7,347.

4.5. Ergebnisse der Prüfstandbelastung an Patienten mit Lungen- und Herzerkrankungen

Aus den vorliegenden Literaturstellen der Jahre 1912-1968 über Prüfstandbelastung an Patienten mit Lungen-, Herz- und einzelnen anderen Erkrankungen lassen sich aus folgenden Gründen keine systematisierten Kollektiv-ergebnisse erzielen:

1. Die Ergebnisse bei Patienten mit verschiedenen

Krankheitsbildern über Belastungswerte von PaO_2 , PaCO_2 und p_H liegen in zu geringer Anzahl, oft nur als Einzeluntersuchung vor.

2. Die Kriterien der Probanden wie Alter und Geschlecht, als auch der Belastung bezüglich Art, Stärke und Dauer sind in dem zusammengestellten Untersuchungsmaterial als zu unvollständig und zu differierend anzusehen (s.Tab. VIII).

Tab.VIII: Verteilung von Einzelkriterien bei prüfstandbelasteten Patienten in den verschiedenen Publikationen, geordnet nach Probandenzahl, Geschlecht, Alter, Belastungsstärke (W), Belastungsdauer (min), O_2 -Aufnahme, arterieller O_2 -Partialdruck, arterieller CO_2 -Partialdruck sowie p_H .

Autor	n	♂	♀	I	W min	$\dot{V}_{\text{O}_2}$	PaO_2	PaCO_2	p_H
O. Björk (1953)	255	x	x		x x		x	x	
A. Bühlmann (1961)	5				x			x	
G.E.Cullen (1931)	2	x			x			x	x
J.A.Dempsey (1966)	13	x		x	x x	x	x	x	
E. Doll (1966)	62				x		x		
G.F.Filley (1968)	122				x	x	x	x	x
A.Holmgren (1964)	13			x	x x	x	x	x	
N.L.Jones (1965)	11			x	x		x	x	

Fortsetzung Tab.VIII:

Autor		n	♂	♀	J	W	min	$\dot{V}_{O_2}$	PaO ₂	PaCO ₂	pH
N.L. Jones	(1966)	18			x	x	x		x	x	
H. Julich	(1960)								x		
H.Klink	(1964)	81				x	x		x		
G.Koch	(1965)	20			x	x				x	
G.Koch	(1965)	20				x				x	
H.Linderholm	(1959)	130						x	x	x	
H.Linderholm	(1959)							x	x	x	
M.Mannhart	(1966)	1		x	x	x	x	x	x	x	x
H.H. Marx	(1965)	1	x			x	x	x			x
H.L. Motley	(1958)	20	x	x	x						
H.L. Motley	(1964)	82	x	x	x					x	x
K. Muysers	(1962)	473	x		x	x	x		x	x	x
K. Muysers	(1962)	473	x		x	x	x		x		
L. Radwan	(1967)	22				x	x			x	x
G. Reichel	(1966)	90	x			x			x	x	
P.H. Rossier	(1950)	10				x			x	x	
P.H. Rossier	(1956)	29	x	x	x	x		x	x	x	x
P.H. Rossier	(1956)	29	x	x	x	x				x	
H. Valentin	(1957)	14			x	x		x	x	x	
E. Vreden	(1963)	93			x		x		x	x	
E. Vreden	(1963)					x	x		x	x	
T.P. Whitehead	(1965)	1	x	x						x	x
T.P. Whitehead	(1965)	1	x							x	x

4.6. Ergebnisse an Trainierten und Untrainierten vor und nach sportlicher Belastung

4.6.1. Wettkampfmäßiges Laufen:

An einem Kollektiv aus 106 Wettkämpfern ergibt sich bei Laufstrecken von 100 bis 5000 m für den PaCO_2 (in Ruhe 41,3 mm Hg) ein Abfall bis maximal 32,9 mm Hg, für das p_{H} (in Ruhe 7,39) bis maximal 7,09 (75). Bei je 8 Trainierten und Untrainierten verschiebt sich nach einem 400 m-Lauf der PaCO_2 -Wert von je 40,7 mm Hg in Ruhe auf 36,7 bzw. 31,5 mm Hg (93). Der p_{H} -Wert beider Probandengruppen bleibt unverändert 7,387 (93). Auch über Langstrecken werden für das p_{H} keine nennenswerten Veränderungen angegeben (63) -
- (s.Abb.3).

4.6.2. Wettkampfmäßiges Schwimmen:

Bei 2 männlichen Sportlern liegt der PaO_2 nach 200 m-Schwimmen bei 56 bzw. 58 mm Hg, der PaCO_2 bei 52,1 bzw. 51,8 mm Hg und das p_{H} bei 7,29 bzw. 7,31 (113) -
- (s.Abb.3).

4.6.3. Wettkampfmäßiges Rudern:

Der PaCO_2 zeigt bei 1 Sportler in Ruhe 39,8 mm Hg, "im toten Punkt" 42,8 mm Hg und nach 3 bis 4 min. Rudern einen starken Abfall auf 27,9 mm Hg (46). Der p_{H} -Wert liegt in Ruhe bei 7,34, nach Belastung bei 7,26 (46) -
-(s.Abb.3).

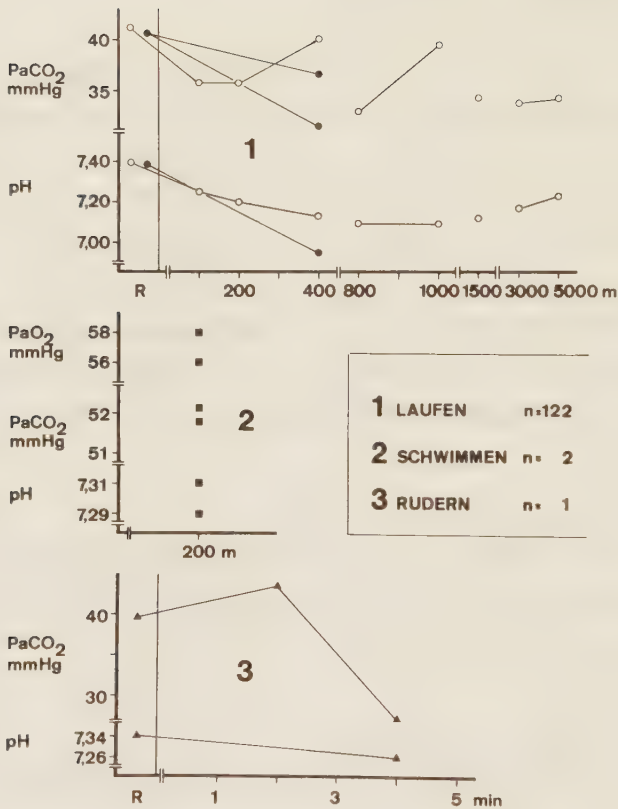


Abb.3: PaO₂, PaCO₂ und p_H bei männlichen Probanden in Abhängigkeit von Art und Dauer verschiedener sportlicher Belastungen. Den Literaturstellen wurden folgende Symbole zugeordnet: 46 ▲, 75 ○, 93 ●, 113 ■.

4.7. Ergebnisse bei Belastung am Arbeitsplatz

Untersuchungsergebnisse liegen als Einzelliteratur von G. Worth, H. Valentin und Mitarbeitern (1955) vor:

An 36 männlichen Bergleuten im Alter von 24 bis 36 J., deren durchschnittliche "Unter-Tage"-Arbeitsdauer sich auf 6,1 J. belief, wurden vor und nach Schichtarbeit arterielle Blutgasanalysen vorgenommen. Vor Arbeitsbeginn ergeben sich als mittlere Werte von PaO_2 $83,0 \pm 7,6$ mm Hg, von PaCO_2 $36,6 \pm 4,6$ mm Hg. Der p_H -Wert liegt bei $7,32 \pm 0,049$.

Nach 8-bis 9-stündiger "Unter-Tage"-Schichtarbeit bei einer mittleren Staubkonzentration von $79,4 \text{ mg/m}^3$ zeigt sich ein Abfall des PaO_2 auf $80,4 \pm 8,0$ mm Hg, des PaCO_2 auf $35,1 \pm 5,1$ mm HG und des p_H auf $7,27 \pm 0,054$.

5.0 Besprechung der Ergebnisse

Seit dem Beginn dieses Jahrhunderts hat das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte unter Belastung wachsende Bedeutung in der medizinisch-wissenschaftlichen Diskussion erlangt. In zahlreichen Untersuchungen - besonders während der letzten 20 Jahre - ist man bestrebt, die arteriellen Blutgaswerte bezüglich ihrer physiologischen Variationsbreite und pathologischen Abweichung zu erfassen.

Entsprechend mannigfaltig und vielschichtig sind die Angaben über die arteriellen Blutgaswerte vor, während und nach Belastung. Unter Berücksichtigung der Belastungsart ergeben sich in der bearbeiteten Literatur folgende Teilkollektive:

Prüfstandarbeit	4.723 Probanden
Sportliche Belastung	157 Probanden
Usuelle berufliche Tätigkeit	36 Probanden

Die Blutentnahme erfolgte in 46% der Untersuchungen durch Arterienpunktion. Etwa 31% der Autoren verwendeten arterialisiertes Kapillarblut. In 33% der Arbeiten fehlte ein Hinweis auf die Art der Blutentnahme.

Die Untersuchungsmethoden der arteriellen Blutgase unterliegen einer fortwährenden Weiterentwicklung und Verbesserung. Aus diesem Grunde schien eine Prüfung der Häufigkeitsverteilung der angewandten Verfahren nicht angebracht.

Zur Prüfstandbelastung fand vorwiegend das Fahrradergometer Verwendung, in geringerem Umfang Tretmühle und Drehkurbelergometer und in einzelnen Fällen Stufen- und Bewegungsteste.

Zur Bestimmung des PaO_2 sind als ältere Verfahren Nomo-gramme (Henderson et al., 1925) und Mikromethoden (Riley et al., 1945) angeführt. Elektroden zur Messung des PaO_2 wie die Platinelektrode (Clark et al., 1953), die Quecksilbertropfelektrode im Hämoxytensiometer (Bartels et al., 1951) und beschichtete Elektroden (Severinghaus et al., 1958; Gleichmann-Lübbbers, 1960) ermöglichten eine genauere Messung mit entsprechend erhöhtem Aussagewert.

Als Methoden der PaCO_2 -Bestimmung sind beschrieben Nomo-gramme (Hasselbalch, 1916; Henderson et al., 1925), verschiedene andere Verfahren (Riley et al., 1945; Hastings et al., 1928; Berglund et al., 1964) sowie Elektroden (Severinghaus-Bradley, 1958; Gleichmann-Lübbbers, 1960; Siggaard-Andersen et al., 1960).

Der p_H -Wert wurde bestimmt mit Hilfe der Methode Hasselbalch (1916) sowie mehrerer Elektroden (Lecomte du Noüy, 1932; Gleichmann-Lübbbers, 1960; Siggaard-Andersen, Astrup et al., 1960).

Die Auswertung der vorliegenden Literatur erforderte die Zusammenfassung von Kollektiven aus verschiedenen Publikationen zu sogenannten "Ergebnisgruppen". Voraussetzung für die Aufnahme von Einzelkollektiven in eine Ergebnisgruppe war die Übereinstimmung folgender Kriterien:

- | | |
|--|---------------------|
| 1. Geschlecht | 4. Belastungsstärke |
| 2. Alter | 5. Belastungsdauer |
| 3. vergleichbare Untersuchungsmethoden | 6. Ortshöhe |

P R Ü F S T A N D B E L A S T U N G

Bei männlichen Normalpersonen weisen die Ruhewerte des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes die Altersregression $y = 96,77 - 0,25 x$ mit einem Korrelationskoeffizienten $r = -0,6793$ auf. Die zugehörigen Mittelwerte streuen von 90,48 bis 79,44 mm Hg (s. Abb. 4).

Während Einstufenbelastung mit 120 W ergibt sich für den PaO_2 die Regression $y' = 100,71 - 0,38 x$ mit $r = -0,8519$. Dabei zeigt der PaO_2 in den Altersgruppen "jugendlich bis 30 J." bzw. "41 bis 50 J." einen Anstieg auf 90,90 bzw. 90,55 mm Hg, bei den 51- bis 60-jährigen und den 61- bis 64-jährigen Probanden jedoch einen deutlichen Abfall auf 78,80 bzw. 75,25 mm Hg. Das Belastungsverhalten des PaO_2 während 150 W ist für die Altersgruppen "jünger als 50 J."

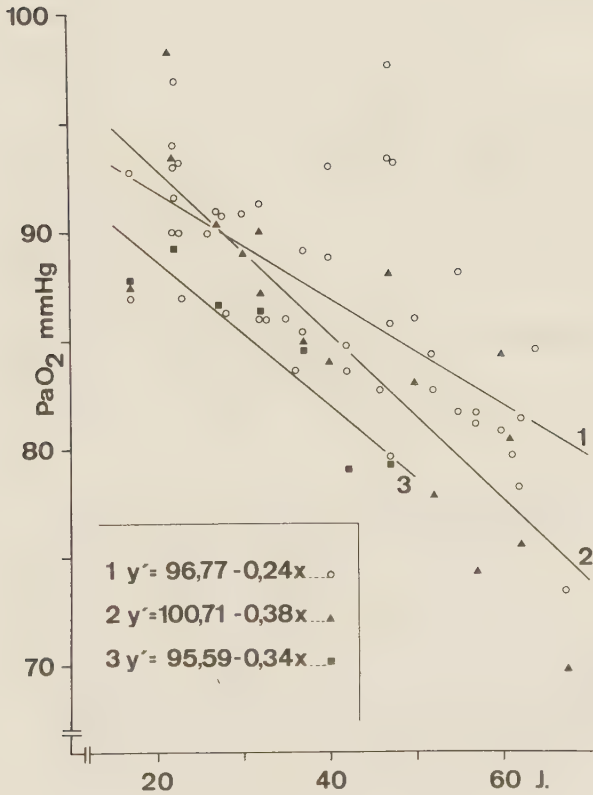


Abb.4: Regressionsgerade mit Einzelwerten von PaO_2 während Ruhe (=1), 120 W (=2) und 150 W (=3) Einstufenbelastung am Prüfstand in Abhängigkeit vom Alter männl. Normalpersonen ($n = 761$).

durch die Regression $y' = 95,59 - 0,34 x$ und $r = -0,9149$ gekennzeichnet. Mit zunehmendem Alter ergibt sich ein PaO_2 -Abfall um maximal $\Delta 8,26$ mm Hg zum Ruhewert (s. Abb. 4 und Tab. II).

Der arterielle CO_2 -Partialdruck weist bei männlichen Normalpersonen eine Ruheregression von $y' = 40,36 - 0,02 x$ mit einem Korrelationskoeffizienten $r = -0,1729$ auf (s. Abb. 5). Abweichend von anderen Veröffentlichungen (Woitowitz et al., 1969) zeigen die Mittelwerte, insbesondere für die Altersgruppe der 41- bis 50-Jährigen mit 38,21 mm Hg einen Anstieg bis zur Altersgruppe der 60-bis 64-jährigen Probanden auf 40,04 mm Hg. Hier erscheinen weitere Untersuchungen angezeigt.

Unter Einstufenbelastung mit 120 W ergibt sich die Regression $y' = 40,34 - 0,00 x$ mit dem Korrelationskoeffizienten $r = -0,0252$. Die Durchschnittswerte reichen von minimal 38,55 bis maximal 40,66 mm Hg. Die Regression bei 150 W-Belastung mit $y' = 40,35 + 0,004 x$ und $r = 0,2873$ bezieht sich auf die Altersgruppen "jünger als 50 J.". Die Mittelwerte streuen von 40,47 über 40,35 bis 40,65 mm Hg (s. Abb. 5 und Tab. III).

Das p_{H} in Ruhe zeigt bei der Ergebnisgruppe aus männlichen Normalpersonen die Altersregression $y' = 7,4075$

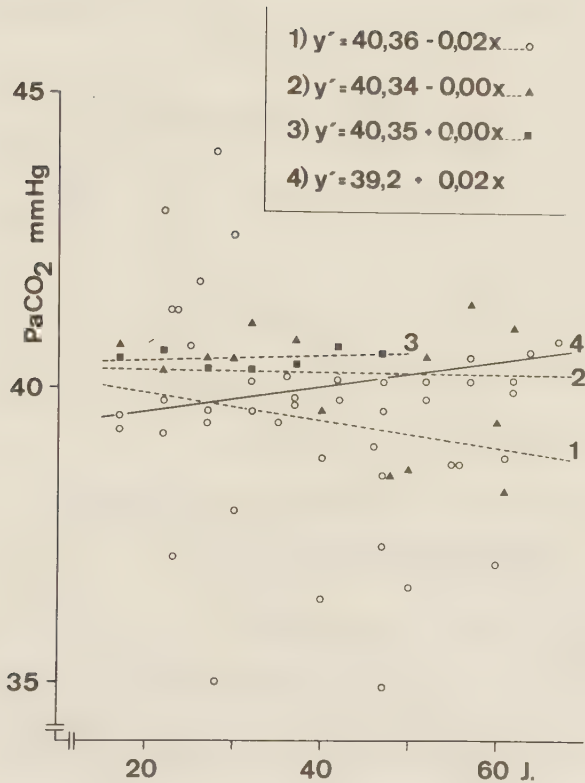


Abb. 5: Regressionsgeraden des PaCO_2 männl. Normalpersonen. Gestrichelt Regressionsgerade von PaCO_2 während Ruhe (=1), 120 W (=2) und 150 W (=3) Einstufenbelastung an männl. Normalpersonen ($n = 1.148$) anhand der vorliegenden Literatur aufgrund eigener Berechnungen. 4) Regression bei H.-J. Woiwitz, G. Schäcke und Mitarbeitern (1969).

-0,00004 x und den Korrelationskoeffizienten $r = -0,0916$ (s.Abb.6). Besonders auffallend erscheint der Mittelwert der jüngsten Altersgruppe mit $7,387 \pm 0,043$.

Die Regression bei 120 W-Einstufenbelastung mit $y' = 7,3697 + 0,0004 x$ und $r = 0,1774$ bezieht sich auf die Altersgruppen "20 bis 30 und 50 bis 70 Jahre". Der durchschnittliche p_H -Abfall liegt bei $\Delta 0,006$. Während einer 150-W-Belastung liegen verwertbare Ergebnisse an den jüngeren bis mittleren Altersgruppen vor. Die Regression ergibt $y' = 7,4040 + 0,0000 x$ mit $r = 0,0233$. Die Differenz zu den Ruhewerten streut zwischen $\Delta 0,005$ und $0,002$ (s.Abb.6 und Tab.IV).

Für die Prüfstandbelastung unter "steady-state" - Bedingungen an männlichen Normalpersonen im Alter von "jugendlich (123) bis 29 J." liegt der arterielle O_2 -Partialdruck in Ruhe mit durchschnittlich $94,32 \pm 4,67$ mm Hg beträchtlich höher als bei dem vergleichbaren Kollektiv unter Einstufenbelastung (s.Abb.1). Das Verhalten unter "steady-state" -Belastung zeigt keine einheitliche Tendenz. Die PaO_2 -Mittelwerte streuen von 95,62 bis 93,87 mm Hg.

Der arterielle CO_2 -Partialdruck dieser Ergebnisgruppe läßt jedoch einen annähernd charakteristischen Verlauf erkennen. Hervorzuheben sind der Anstieg von 39,31 mm Hg

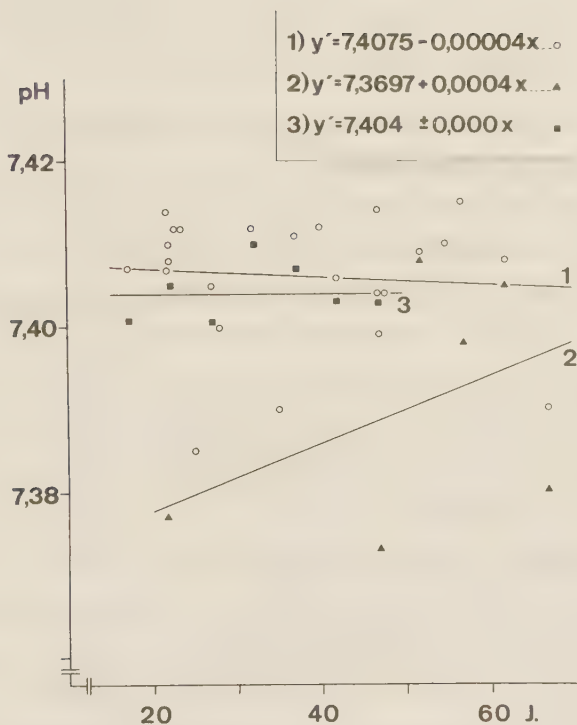


Abb. 6: Regressionsgerade mit Einzelwerten von p_H während Ruhe (=1), 120 W (=2) und 150 W (=3) Einstufenbelastung am Prüfstand in Abhängigkeit vom Alter männl. Normalpersonen ($n = 364$).

in Ruhe auf 41,47 mm Hg während 50 W - "steady-state"-Belastung und der darauf folgende kontinuierliche Abfall bis auf 32,90 mm Hg bei entsprechender 200 W Belastung am Prüfstand. Auch der p_H -Wert tendiert von durchschnittlich 7,410 in Ruhe zu 7,324 während 200 W (s.Abb.1).

Die Ruhewerte des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes bei weiblichen Normalpersonen liegen geringfügig tiefer als die des männlichen Vergleichskollektivs. Bei einem regelrechten Altersgang weisen sie eine Streuung von 88,87 bis 78,0 mm Hg auf. Während Einstufen-Belastung mit 90 W findet sich in den jüngeren Altersgruppen ein PaO_2 -Abfall von $\Delta 0,1$ bis 2,82 mm Hg. Bei der Probandengruppe im Alter "über 50 J." zeigt der PaO_2 mit einem Abfall von maximal $\Delta 7,58$ mm Hg beträchtlich größere Unterschiede zum Ruhewert (s.Tab.V).

Die CO_2 -Spannung steigt mit zunehmenden Alter der weiblichen Probanden unter Ruhebedingungen von 38,69 bis auf 40,0 mm Hg. Während 90 W-Einstufenbelastung liegt ein annähernd gleiches Verhalten vor, die Mittelwerte sind jedoch um $\Delta 1,16$ bis 1,3 mm Hg eleviert. Zu dieser Belastungsart lassen die $PaCO_2$ -Werte während 120 W, die an "bis 40-jährigen" weiblichen Probanden erhoben wurden, keinen deutlichen Unterschied erkennen (s.Tab.VI).

Die p_H -Ruhewerte liegen mit 7,408 bis 7,401 geringfügig höher als die des männlichen Vergleichskollektivs.

Während 90 W-Einstufenbelastung der "älter als 50-jährigen" weiblichen Probanden und während 120-W-Belastung der "jünger als 50-jährigen" weist das p_H einen deutlichen Abfall von maximal $\Delta 0,01$ bzw. 0,007 auf (s.Tab. VII).

Ein Vergleich der Ergebnisse während "steady-state" -Belastung weiblicher Normalpersonen mit anderen Kollektiven scheint nicht zweckmäßig, da nach der erforderlichen Literaturbereinigung nur die Arbeit von Bühlmann (1955) anzuführen ist.

Ebenso ist das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte während Einstufenbelastung männlicher Sportler wegen der geringen Anzahl von Publikationen mit den entsprechenden Werten anderer Kollektive nicht zu vergleichen. Lediglich die PaO_2 -Ruhewerte mit durchschnittlich 93,57 mm Hg und das p_H von 7,421 liegen deutlich höher als die der männlichen Normalpersonen mit 90,48 mm Hg bzw. 7,387.

Die während "steady-state" -Belastung beobachteten Blutgaswerte zeigen mit Ausnahme des p_H , das einheitlich einen deutlichen Abfall aufweist, uncharakteristische Verlaufskurven (s.Abb. 2).

Der $PaCO_2$ läßt jedoch unter Belastung um 250 W im Durch-

schnitt einen Abfall erkennen. Entsprechendes gilt für die bei weiblichen Sportlern gefundenen Belastungswerte.

Die Einzelergebnisse von "Prüfstand-belasteten" Patienten können trotz der mannigfachen Literaturangaben nicht zusammengefaßt werden. Die notwendigen Differenzierungskautelen bezüglich Diagnose, Probandenalter und -geschlecht sowie Belastungsstärke und -dauer lassen es wegen ihrer Variabilität unzweckmäßig erscheinen, systematisierte Kollektivergebnisse zu erarbeiten. In Hinblick auf die Problematik bei der Erfassung pathophysiologischer Daten kann festgestellt werden, daß es allumfassende Funktionsprüfungen von Herz und Kreislauf oder entsprechende Prüfstände bzw. Messplätze nicht gibt.

Die biologische Vielfalt der Probleme ist am besten mit einem Polyeder zu vergleichen, dessen Facetten durch die verschiedenen Tests jeweils optimal für Frühdiagnostik und Beurteilung erfaßt werden können. Für eine umfassende funktionsanalytische Untersuchung müssen somit verschiedene Funktionsprüfungen von Herz und Kreislauf mit unterschiedlichen Aussagespektren herangezogen werden (156).

Veröffentlichungen über arterielle Blutgaswerte, die vor und nach Belastung sportlicher Art untersucht wurden, waren nur in zahlenmäßig geringem Umfang auffindbar (46, 63, 75, 93, 113). Einzelergebnisse liegen für die Wettkampfarten Laufen, Schwimmen und Rudern vor.

Die hier zusammengefaßten, diffiziel vergleichbaren Ergebnisse lassen allgemeingültige Schlußfolgerungen nur bedingt zu. Insbesondere sind folgende Faktoren anzuführen:

1. Die Kollektive der einzelnen Autoren sind nur schwer vergleichbar.
2. Die angegebenen Untersuchungsmethoden zeigen -wegen der Zeitspanne von ca. 60 Jahren- eine starke Variabilität.
3. Besonders der Zeitpunkt der Blutgewinnung während und nach Belastung ist so differierend angegeben, daß bei der Zusammenfassung von Einzelkollektiven dieser Faktor nur annähernd berücksichtigt werden konnte.
Eine entsprechende Standardisierung scheint dringend erforderlich.
4. Die Variabilität von Belastungsstärke und -dauer läßt den hier erhobenen Ergebnissen lediglich eine begrenzte Aussagekraft zukommen.

Ein statistischer Vergleich des vorliegenden Materials ist nur begrenzt möglich. Die Zusammenfassung von Einzelergebnissen und ihre Teilanalyse ist in der Aussagekraft zurückhaltend zu beurteilen. Eindeutigere Resultate sind nur durch umfassende Untersuchungen an vergleichbaren Auswahlkollektiven mit prospektiver Zielsetzung zu erwarten.

Wünschenswert ist eine weitgehende Standardisierung von Untersuchungsmethoden, Probandengruppen und Belastungsmodus. Technisch-apparative Verfälschungsfaktoren sollten ausgeschlossen sein. Auch sollten klinische und funktionsanalytische, d.h. kardial-pulmonale Untersuchungen der Probanden den Belastungsversuchen mehr als bisher vorausgehen.

In dieser Arbeit war lediglich das Belastungsverhalten der arteriellen Blutgaswerte an Hand einer Literaturstudie darzustellen.

6.0 Zusammenfassung

Die Bedeutung der arteriellen Blutgasveränderungen während Prüfstandbelastung, Arbeit und Sport nimmt in der medizinisch-wissenschaftlichen Diskussion sowie in der Klinik zur Bestimmung der kardio-pulmonalen Leistungsbreite eine bedeutende Rolle ein. In zahlreichen Veröffentlichungen sind diese Veränderungen aufgeführt und erläutert worden.

In der vorliegenden Literaturstudie wurden 133 Publikationen anglo-amerikanischer, deutscher, skandinavischer sowie einzelner französischer und tschechischer Autoren ausgewertet. Sämtliche Arbeiten erschienen zwischen 1912 und 1969. Den Veröffentlichungen lagen die Untersuchungsergebnisse von insgesamt 5.070 Probanden zugrunde. Prüfstandbelastung war an 4.723 Personen durchgeführt worden, sportliche Belastung an 157 Probanden. Während usueller beruflicher Tätigkeit wurden bei 36 Probanden Blutgasanalysen vorgenommen. Eine Aufschlüsselung aller Probanden ergab 3.023 Normalpersonen, 522 Sportler und 1.525 Patienten.

Die Publikationen wurden nach Auswahlkriterien zusammengefaßt, um die Ergebnisse von Einzelkollektiven vergleichen zu können. Unter dosierter Einstufenbelastung am Prüfstand ließen sich für PaO_2 , PaCO_2 und pH von

männlichen Normalpersonen Altersregressionen aufstellen. Die Ruhewerte des PaO_2 wiesen die Regressionsgerade $y' = 96,77 - 0,24 x$ mit dem Korrelationskoeffizienten $r = -0,68$ auf ($n = 761$). Unter Belastung mit 120 W bzw. 150 W ($t = 6,0$ resp. $5,5$ min) ergab die Altersabhängigkeit die Regressionen $y' = 100,71 - 0,38 x$ ($r = -0,85$) und $y' = 95,59 - 0,34 x$ ($r = -0,91$).

Für den PaCO_2 zeigten sich sowohl in Ruhe als auch unter verschiedenen Belastungsstufen keine vergleichbaren Ergebnisse. Weitere Studien erscheinen hier angezeigt.

In Mehr-Punkt-Diagrammen wurde das Verhalten der arteriellen Blutgaswerte von männlichen Normalpersonen und Sportlern unter "steady-state" - Belastung dargestellt. Ein Vergleich der Ergebnisse bei ähnlichen Belastungen weiblicher Probanden war nur bedingt möglich.

Für das Kollektiv der prüfstandbelasteten Patienten erfolgte eine Aufgliederung der wesentlichen Einzelkriterien, die wegen ihrer Variationsbreite die Erfassung systematisierter Ergebnisse nicht zuließen.

Die Veröffentlichungen über arterielle Blutgaswerte bei sportlicher Belastung, die in zahlenmäßig geringem Umfang vorlagen, wurden in einem Diagramm zusammengestellt. Bezüglich der Blutgasveränderungen während usruerlicher Tätigkeit ließ sich lediglich eine Einzel-

literatur (Worth und Valentin, 1955) anführen.

Abschließend wurde auf die Problematik bei den Belastungsuntersuchungen arterieller Blutgase eingegangen und auf eine Standardisierung als wesentlichste Verbesserungskomponente hingewiesen.

7.0 L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s *)

1. A B E L I N, Th. und M. S C H E R R E R :
Ventilation und Säurebasenhaushalt des
Gesunden bei schwerer Arbeit. Schweiz.
Med. Wschr. 90 (13), 369 (1960).
2. A R B O R E L I U S, M. und G. L I L J E -
S T R A N D : Muskularbeit und Blutreaktion.
Skand. Arch. Physiol. 44, 215 (1923).
3. A S M U S S E N, E. und M. N I E L S E N :
Studies on the regulation of respiration in
heavy work. Acta physiol. scand. 12, 171 (1946).
4. - , W. V O N D Ö B E L N, and M. N I E L S E N :
Blood lactate and oxygen dept after exhaustive
work at different oxygen tensions. Acta physiol.
scand. 15, 57 (1948).
5. - , and M. N I E L S E N : Physiological dead space
and alveolar gas pressures at rest and during
muscular exercise. Acta physiol. scand. 38, 1
(1957).
6. - , - : Measurements of arterial pO_2 in light and
heavy exercise. Acta physiol. scand. 42, 145
(1957).
7. - , - : Pulmonary ventilation and effect of oxygen
breathing in heavy exercise. Acta physiol.
scand. 43, 365 (1958).
8. - , - : Alveolo-arterial gas exchange at rest
and during work at different O_2 tensions.
Acta physiol. scand. 50, 153 (1960).

*) Die außerhalb des Tabellenteils der Arbeit zitierten
Autoren sind in alphabetischer Reihenfolge ab Nr. 134
aufgeführt.

9. A S T R A N D, P.O.: Circulatory and respiratory response to acute and prolonged hypoxia during heavy exercise. Schweiz. Zschr. Sport-med. 14, 16 (1966).
10. B A H N S O N, E.R., S.M. H O R V A T H, and J.H. C O M R O E, jr.: Effects of active and "passive" limb movements upon respiration and O₂ consumption in man. J. appl. Physiol. 2, 1969 (1949).
11. B A N N I S T E R, R.G., and D.J.C. C U N N I N G H A M : The effects on the respiration and performance during exercise of adding oxygen to the inspired air. J. Physiol. 125, 118 (1954).
12. B A R C R O F T, J., and A. C O O K E : The flow of oxygen through the pulmonary epithelium. J. Physiol. 53, 450 (1919/20).
13. - , C.A. B I N G E R, A.V. B O C K, J.H. D O G G A R T, H.S. F O R B E S, G. H A R R O P, J.C. M E A K I N S, and A.C. R E D F I E L D : Observations upon the effect of high altitude on the physiological processes of the human body, carried out in the Peruvian Andes, chiefly at Cerro de Pasco. Phil. Transact. London (B) 211, 372 (1923).
14. B A R R, D.P., H.E. H I M W I C H, and R.P. G R E E N : Studies in the physiology of muscular exercise: I: Changes in acid-base equilibrium following short periods of vigorous muscular exercise. J. Biol Chem. 55, 495 (1923).
15. - , - : Studies in the physiology of muscular exercise: III: Development and duration of changes in acid-base equilibrium. J. Biol. Chem. 55, 539 (1923).

16. B A R R, D.P.: Studies in the physiology of muscular exercise: IV: Blood reaction and breathing.
J. Biol. Chem. 56, 171 (1923).
17. B A R R, P.O.: Pulmonary gas exchange in man as affected by prolonged gravitational stress.
Acta physiol. scand. 58, Suppl. 207, 1-46
(1963).
18. - , M. B E C K M A N N, H. B J U R S T E D T,
J. B R I S M A R, C.M. H E S S E R, and
G. M A T E L L : Time courses of blood changes
provoked by light and moderate exercise in man.
Acta physiol. scand. 60, 1 (1964).
19. B A R T E L S, H., R. B E E R, H.P. K O E P C H E N,
J. W E N N E R und J. W I T T : Messung der
alveolär-arteriellen O_2 -Druckdifferenz mit
verschiedenen Methoden am Menschen bei Ruhe und
Arbeit. Pflügers Arch. ges. Physiol. 261, 133 (1955).
20. - , H.P. K O E P C H E N, J. L Ü H N I N G,
M. M O C H I Z U K I und J. W I T T : Die
alveolär-arterielle O_2 -Druckdifferenz bei
Ruhe und Arbeit unter Hyperoxie (50 % O_2).
Pflügers Arch. ges. Physiol. 261, 535 (1955).
21. B J Ö R K, O., P.A. M I C H A S, and L.G. U G G L A :
The arterial oxygen tension in rest and during
effort as a test of pulmonary function.
J. Thor. Surg. 25, 558 (1953).
22. B O C K, A.V., D.B. D I L L, L.M. H U R X T H A L,
J.S. L A W R E N C E, Th.C. C O O L I D G E,
M.E. D A I L E Y, and L.J. H E N D E R S O N :
Blood as a physicochemical system: I: The
composition and respiratory exchanges of normal
human blood during work J. Biol. Chem. 73, 749
(1927).

23. - , C. van C A U L A E R T, D.B. D I L L , A.
F Ö L L I N G, and L.M. H U R X T H A L :
Studies in muscular activity: III: Dynamical
changes occurring in man at work. J. Physiol.
66, 136 (1928).
24. B O U H U Y S, A., J. P O O L, R.A. B I N K -
H O R S T, and P. van L E E U W E N : Metabolic
acidosis of exercise in healthy males. J.
appl. Physiol. 21, 1040 (1966).
25. B R U C E, A.R., R. P E A R S O N, F.W. L O V E J O Y,
P.N.G. Y U, and G.B. B R O T H E R S :
Variability of respiratory and circulatory
performance during standardized exercise.
J. clin. Invest. 28, 1431 (1949).
26. B Ü H L M A N N, A. und J.R. H O F S T E T T E R:
Arbeitsversuche in mittleren Höhen. Helv.
physiol. Acta 9, 222 (1951).
27. - , F. S C H A U B und P. L U C H S I N G E R:
Die Hämodynamik des Lungenkreislaufs während
Ruhe und körperlicher Arbeit beim Gesunden
und bei den verschiedenen Formen der pulmonalen
Hypertonie. Schweiz. Med. Wschr. 85, 253
(1955).
28. - und Ph. R O S S I E R : Arterielle Blutgase
und Elektrolyte bei körperlicher Arbeit.
Ztschr. Biol. 111, 235 (1959).
29. - : Gasaustausch bei schwerster körperlicher
Arbeit. Bad Oeynhausener Gespräche IV:
Physiologie und Pathologie des Gasaustausches
in der Lunge. Springer Verlag, Heidelberg, 1961.

30. - , M. S C H E R R E R und H. H E R Z O G:
Vorschläge zur einheitlichen Beurteilung der
Arbeitsfähigkeit durch die Lungenfunktions-
prüfung. Schweiz. Med. Wschr. 91 (4), 105
(1961).
31. C U L L E N, G.E., T.R. H A R R I S O N, J.A.
C A L H O U N, W.E. W I L K I N S, and
M.M. T I M S: Studies in congestive heart
failure: XIII: The relation of dyspnea of
exertion to the oxygen saturation and
acid-base condition of the blood. J. clin.
Invest. 10, 807 (1931).
32. D E M P S E Y, J.A., W. R E D D A N, J. R A N K I N,
and B. B A L K E: Alveolar-arterial gas exchange
during muscular work in obesity. J. appl.
Physiol. 21, 1807 (1966).
33. D I L L, D.B., J.S. L A W R E N C E, L.M.
H U R X T H A L, and A.V. B O C K : The
carbon dioxide equilibrium in alveolar air
and arterial blood. J. Biol. Chem. 74, 313
(1927).
34. - , J.H. T A L B O T T, and H.T. E D W A R D S:
Studies on muscular activity: VI: Response
of several individuals to a fixed task. J.
Physiol. 69, 267 (1930).
35. - , H.T. E D W A R D S, A. F O L L I N G, S.A.
O B E R G, A.M. P A P P E N H E I M E R,
and J.H. T A L B O T T: Adaptation of the
organism to changes in oxygen pressure.
I. Physiochemical changes in human blood
at low oxygen pressure. J. Physiol. 71,
47 (1931).

36. - , -, E.V. N E W M A N and R. M A R G A R I A:
Analysis of recovery from anaerobic work.
Arbeits-Physiol. 9, 299 (1937).
37. D O L L, E., K. K Ö N I G und H. R E I N D E L L :
Das Verhalten der arteriellen Sauerstoff-
spannung und anderer blutgasanalytischen
Daten in Ruhe und während körperlicher Be-
lastung. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271, 283 (1960).
38. - , J. K E U L, H. S T E I M, Chr. M A I W A L D
und H. R E I N D E L L: Über den Stoffwechsel
des menschlichen Herzens: II: Sauerstoff- und
Kohlensäuredruck, p_H , Standard-bikarbonat und
base excess im coronarvenösen Blut in Ruhe,
während und nach körperlicher Arbeit. Pflügers
Arch. ges. Physiol. 282, 28 (1965).
39. - : Sauerstoffdiffusion und röntgenologische
Lungenstruktur bei Morbus Boeck vor und nach
Therapie. Zschr. Tuberkulose 125 (3/6) (1966).
40. - , J. K E U L, Chr. M A I W A L D und H. R E I N D E L L:
Das Verhalten von Sauerstoffdruck, Kohlensäure-
druck, p_H , Standardbikarbonat und base excess
im arteriellen Blut bei verschiedenen Belastungs-
formen. Int.Ztschr. angew. Physiol. 22, 327
(1966).
41. - , -, A. B R E C H T E L, R. L I M O N - L A S O N
und H. R E I N D E L L: I. Der Einfluß körper-
licher Arbeit auf die arteriellen Blutgase in
Freiburg und Mexico City. Sportarzt Sportmed. 8,
317 (1967).
42. - , -, and Chr. M A I W A L D: Oxygen tension and
acid-base equilibria in venous blood of working
muscle. Am. J. Physiol. 215 (1), 23 (1968).

43. - , -, A. B R E C H T E L und H. R E I N D E L L:
Die arteriellen Blutgase bei Verminderung der
Sauerstoffkonzentration in der Inspirations-
luft während körperlicher Arbeit. Int. Ztschr.
angew. Physiol. 25, 46 (1968).
44. E D W A R D S, H.T., M. H O C H R E I N ,
D.B. D I L L und L.J. H E N D E R S O N:
Das physikalisch-chemische System des Blutes
in seiner Beziehung zu Atmung und Kreislauf:
III: Über die Ionenverteilung in Ruhe und Ar-
beit. Arch. exp. Path. Pharm. 143, 161 (1929).
45. E K E L U N D, L.G.: Circulatory and respiratory
adaptation during prolonged exercise. Acta
physiol. scand. 70, Suppl. 292, 1-38 (1967).
46. E W I G, W.: Über die Wirkung maximaler körper-
licher Anstrengungen, insbesondere über den sog.
" toten Punkt ". I. Mitteilung. Z. ges. exp. Med.
51, 874 (1926).
47. - : Über Veränderungen des Blutchemismus unter
dem Einfluß körperlicher Anstrengungen. Verh.
dtsh. Ges. Inn. Med. 39, 354 (1927).
48. - und R. W I E N E R: Über die Wirkung maximaler
körperlicher Anstrengung. V.: Der Einfluß
einer einmaligen maximalen Anstrengung auf
die chemische Blutzusammensetzung. Z. ges.
exp. Med. 61, 562 (1928).
49. - : Über die Wirkung maximaler körperlicher
Anstrengungen. VI. Der Einfluß des Trainings
auf die Blutzusammensetzung, speziell auf
das Säurebasengleichgewicht. Z. ges. exp.
Med. 62, 590 (1928).

50. F A B E L, H.: Persönliche Mitteilung (1967).
51. F I L L E Y, G.F., F. G R E G O I R E, and
G. W. W R I ' G H T : Alveolar and arterial
oxygen tensions and the significance of
alveolar-arterial oxygen tension difference
in normal men. J. clin. Invest. 33, 517 (1954).
52. - , H. J. B E C K W I T T, J.T. R E E V E S, and
R.S. M I T C H E L L: Chronic obstructive
bronchopulmonary disease. Am.J. Med. 44,
26 (1968).
53. F R I E H O F F, F.J.: Der Gasaustausch bei ge-
sunden Männern unter Ruhebedingungen und
während körperlicher Arbeit. Pflügers
Arch. Physiol. 270, 431 (1960).
54. G A L D S T O N, M., and A.C. W O L L A K:
Oxygen and carbon dioxide tensions of
alveolar air and arterial blood in healthy
young adults at rest and after exercise.
Am. J. Physiol. 151, 276 (1947).
55. G U R T N E R, H.P., M.F. K E L L E R und
C. S A L Z M A N N: Die Hämodynamik gesunder
Studenten in Ruhe und bei abgestufter Be-
lastung, Schweiz. Zschr. Sportmed. 14, 70
(1966).
56. H A N S O N, J.S., B.S. T A B A K I N, and
A.M. L E V Y: Exercise arterial bloodgases
and end-tidal gas exchanges during acute
airway obstructions. Resp. Physiol. 3, 64
(1967).
57. H A N S E N, J.E., G.P. S T E L T E R, and
J. A. V O G E L:
Arterial pyruvate, lactate, P_H and pCO_2 during

- work at sea level and high altitude. J. appl. Physiol. 23, 523 (1967).
58. H A R R O P, G.A. jr.: The oxygen and carbon dioxide content of arterial and venous blood in normal individuals and in patients with anaemia and heart disease. J. exp. Med. 30, 241 (1919).
59. H E S S E R, C.M. and G. M A T E L L : The alveolo-arterial O_2 -difference during light and moderate exercise in man. Acta physiol. scand. 59, Suppl. 213, 60 (1963).
60. H I C K A M, J.B., W.W. P R Y O R, E.B. P A G E, and R.J. A T W E L L: Respiratory regulation during exercise in unconditioned subjects. J. clin. Invest. 30, 503 (1951).
61. H I M W I C H, H.E., and D.P. B A R R: Studies in the physiology of muscular exercise. V: Oxygen relationships in the arterial blood. J. biol. chem. 57, 363 (1923).
62. H O C H R E I N, M., D.B. D I L L und L.J. H E N D E R S O N: Das physikalisch-chemische System des Blutes in seiner Bedeutung zu Atmung und Kreislauf. I: Ruhe und körperliche Arbeit. Arch. exp. Path. Pharm. 143, 129 (1929).
63. H O L L M A N N, W., H. V E N R A T H, C. B O U C H A R D und H. B U D D I N G E R: II. Besprechung von Herz und Kreislauf bei verschiedenen Sportarten. Fortschritte Med. 82, 289 (1964).
64. - , B. G R Ü N E W A L D, K. C H I R D E L und K. K A S T N E R: Körperliche Leistung und Hypoxie. Sportarzt Sportmed. 7, 481 (1967).

65. H O L M G R E N, A. and H. L I N D E R H O L M:
Oxygen and carbon dioxide tensions of arterial
blood during heavy and exhaustive exercise.
Acta physiol. scand. 44, 203 (1958).
66. - , and N. S V A N B E R G: Venous admixture
during exercise in sitting position. Scand.
J. clin. Lab. Invest. 17, 209 (1964).
67. - , and M. B. M C I L R O Y: Effect of temperature
on arterial blood gas tensions and p_H during
exercise. J. appl. Physiol. 19, 243 (1964).
68. H O U S T O N, Ch.S., and R.L. R I L E Y: Respiratory
and circulatory changes during acclimatization
to high altitude. Am. J. Physiol. 149, 565 (1947).
69. H Ü R T E R , J.: Untersuchungen am arteriellen
menschlichen Blute. Dtsch. Arch. klin. Med.
108, 1 (1912).
70. J O N E S, N.L., and J.F. G O O D W I N: Respiratory
function in pulmonary thromboembolic disorders.
Brit. Med. J. 1, 1089 (1965).
71. - , G.J.R. M c H A R D Y, A. N A I M A R K, and
E.J.M. C A M P B E L L: Physiological dead-
space and alveolar-arterial gas pressure
differences during exercise. Clin. Sci. 31, 19
(1966).
72. - : Pulmonary gas exchange during exercise in
patients with chronic airway obstruction.
Clin. Sci. 31, 39 (1966).
73. J O S S, E.: Spiroergometrie bei Gesunden.
Untersuchungen mit dem Metabographen von
Fleisch an 92 Männern im Alter von 16 bis
70 Jahren. Helv. Med. Acta 26, 24 (1959).

74. J U L I C H, H.: IV. Internationaler Kongress für Erkrankungen der Thoraxorgane des " American College of Chest Physicians. " S. 92, Wien (1960).
75. K A U F M A N N, W. und G. T I L M A N N:
Säure-Basen-Gleichgewicht bei sportlichem Wettkampf. Med. Welt 31, 1829 (1967).
76. K A U P, J.: Arbeit und Erholung als Atmungs-funktion des Blutes. Arbeitsphysiol. 2, 541 (1930).
77. K E S S L E R, K.-H.: Über die arterielle CO₂-Spannung und die arteriell-endexpiratorische CO₂-Spannungsdifferenz während körperlicher Arbeit. Int. Zschr. angew. Physiol. 23, 140 (1966).
78. K E U L, J.: Beziehungen zwischen Standard-Bikarbonat, p_H-Wert und Lactat- und Pyruvat-Konzentration im Blut während und nach körperlicher Arbeit. Dtsch. Med. Wschr. 92, 66 (1967).
79. K L I N K, K. und I. B Ü R K M A N N: Das Verhalten der arteriellen O₂-Sättigung und des arteriellen O₂-Druckes in der Erholungs-zeit nach körperlicher Belastung von Gesunden und Lungenkranken. Zschr. Inn. Med. 19 (4), 188 (1964).
80. K O C H, G.: Comparison of carbon dioxide tension, p_H, and standard bicarbonate in capillary blood and in arterial blood. With special respect to relations in patients with un-paired cardiovascular and pulmonary function

- and during exercise. Scand. J. clin. Lab. Invest. 17, 223 (1965).
81. K U B I C E K, F. und M. S C H E R R E R:
Einfluß des Hämoglobingehaltes auf Säure-
Basen-Haushalt, Ventilation, und O₂-Diffu-
sion beim Gesunden während schwerer Arbeit.
Schweiz. Med. Wschr. 92, 415 (1962).
82. L A M B E R T S E N, Chr. J., S.G. O W E N,
H. W E N D E L, M.W. S T R O U D, A.A.
L U R I E, W. L O C H N E R, and G.F. C L A R C:
Respiratory and cerebral circulatory control
during exercise at .21 and 2.0 atmospheres
inspired pO₂. J. appl. Physiol. 14, 966
(1959).
83. L A U P H I E R, E.H.: Research Report 2-56
(Project NS 185-005 Sub. No. 5) Experimental
Diving unit. U.S. Naval Gun Factory,
Washington DC. (1955).
84. L I L I E N T H A L, J.L., R.L. R I L E Y, D.D.
P R O E M M E L, and R. E. F R A N K E:
An experimental analysis in man of the
oxygen pressure gradient from alveolar air
to arterial blood during rest and exercise at
sea level and at altitude. Am. J. Physiol.
147, 199 (1946).
85. L I N D E R H O L M, H.: Diffusing capacity of
the lungs as a limiting factor of physical
working capacity. Acta med. scand. 163, 61
(1959).

86. M Ä H R L E I N, W., M. K R A U S E und H.
R O S S N E R: Welche Bedeutung besitzt die
Bestimmung des Säure-Basen-Haushalts bei der
Vita-maxima-Untersuchung?
Dtsch. Gesundheitswesen 21 (6), 254 (1966).
87. - , - , -: Ergometrie und Säure-Basen-Haushalt
unter stufenförmig gesteigerten steady-state-
Belastungen bei Skilangläufern. Med. Sport
6 (2), 33 (1966).
88. M A L M B E R G, R.: Pulmonary gas exchange at
exercise and different body postures in man.
Scand. J. Resp. Dis. 47, 92 (1966).
89. M A N N H A R T, M., A. K O S T Y A L, H.R.
B A U M A N N, and H. H E R Z O G:
Central alveolar hypoventilation during
exertion with normal arterial blood gas
tensions at rest. Helv. Med. Acta 33 (6),
479 (1966).
90. M A R X, H.H., H.E. Z Ü H L K E und B. S C H Ü T Z E:
Möglichkeiten und Grenzen der Ergometrie für
klinische Fragestellungen. Z. Kreisf. Forsch.
54, 1054 (1965).
91. M A T E L L, G.: Time-courses of changes in
ventilation and arterial gas tensions in man
induced by moderate exercise. Acta physiol.
scand. 58, Suppl. 206 (1963).
92. M C I L R O Y, M.B., and A. H O L M G R E N:
Arterial blood gas tensions during exercise
in normal subjects. Fed. Proc. 20, 423 (1961).
93. M E T Z N E R, A.J. W I L L M A N N und E.
G A D E R M A N N: Säurebasengleichgewicht nach
Maximalbelastung am Fahrradergometer und nach
sportlichem Wettkampf. Med. Welt 19, 2161
(1968).

94. MITCHELL, J. H., B. J. SPROULE, and C.B. CHAPMAN: Regulation of respiration during heavy exercise. Fed. Proc. 17, 112 (1958).
95. - , - , -: The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. J. clin. Invest. 37, 538 (1958).
96. - , - , -: Factors influencing respiration during heavy exercise. J. clin. Invest. 37, 1693 (1958).
97. MOTLEY, H. L.: Studies on the nature of hypoxia with and without cyanosis in chronic pulmonary disease. Geriatrics 13, 617 (1958).
98. - : Pulmonary function studies in chronic restrictive lung disease without emphysema: Right to left shunting the major factor of hypoxia. Med. Thorac. 21, 65 (1964).
99. MUYERS, K., F. SIEHOFF, G. WORTH und L. GASTHAUS: Neuere Ergebnisse atemphysiologischer Untersuchungen von Kohlebergarbeitern unter Berücksichtigung von Silikose, Bronchitis und Emphysem. Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 19, 589 (1962).
100. NIELSEN, M.: Untersuchungen über die Atemregulation bei Menschen besonders mit Hinblick auf die Art des chemischen Reizes. Skand. Arch. Physiol. 74, Suppl. 10, 83 (1936).
101. NÖCKER, J.: Einfluß der Körperübungen auf das Blut. In: Physiologie der Leibesübungen S. 181, Enke Verlag Stuttg., 1964.

102. P A R A D E, G.W. und H. O T T O: Alkalireserve und Leistung. I. Ist die Höhe der Alkalireserve des Blutes maßgebend für die körperliche Leistung? Zschr. klin. Med. 137, 7 (1939).
103. - , -: Alkalireserve und Leistung. II. Die Bedeutung der Abnahme der Alkalireserve nach körperlicher Belastung für die Beurteilung des Trainingszustandes. Zschr. klin. Med. 137, 10 (1939).
104. P A R S O N S, T.R., W. P A R S O N S, and J. B A R C R O F T: Reaction changes in the blood during muscular work. J. Physiol. 53, Proc.CX (1920).
105. P A T S C H, J.: Die Blutgase und das vegetative Nervensystem. Wien. Med. Wschr. 118 (25/26), 587 (1968).
106. P O D L E S C H, J. und M. S T E V A N O V I C: Die Altersabhängigkeit der Diffusionskapazität der Lunge in Ruhe und während Belastung. Med. Thorac. 23, 144 (1966).
107. P U G H, L.G.C.E.: Athletes at altitude. J. Physiol. (London) 192, 619 (1967).
108. R A D W A N, L., and A. K A Z I O R O W S K I: Arterial blood gases during physical work in some chronic pulmonary diseases. Gruzlica i. Choroby pluc 35, 1271 (1967).
109. R E I C H E L, G., E. S C H Ü R M E Y E R und E. W. B A R T E L H E I M E R: Untersuchungen über die arterielle Blutgasanalyse im

Capillarblut des hyperämisierten Ohr-
läppchens bei Herz- und Lungenkranken.
Klin. Wschr. 44 (7), 386 (1966).

110. R I L E Y, R.L., J.L. L I L I E N T H A L,
D.D. P R O E M M E L, and R.E. F R A N K E:
The relationships of oxygen, carbon dioxide,
and hemoglobin in blood of man: oxyhemoglobin
dissociation under various physiological
conditions. J. clin. Invest. 25, 139 (1946).
111. - , R.H. S H E P A R D, J.E. C O H N, D.G.
C A R R O L L, and B.W. A R M S T R O N G:
Maximal diffusing capacity of the lungs.
J. appl. Physiol. 6, 574 (1954).
112. R O S S I E R, P.H. und A. B Ü H L M A N N:
IV: Studien über die Pathophysiologie der
Atmung bei der Silikose. Die Lungenfunktion
im Arbeitsversuch. Vjschr. Nat. Forsch.
Ges. Zürich 95, Beiheft 2/3, 51 (1950).
113. - , - und K. W I E S I N G E R: Physiologie und
Pathophysiologie der Atmung. Springer Verlag
Berlin - Göttingen - Heidelberg (1956).
114. S A D O U L, P., C. S A U N I E R et J. M I L I C -
E M I L I: Variations de l'équilibre acido-
basique chez l'homme sain au cours de l'exercice
musculaire. Compt. Rend. Soc. Biol. 6, 993
(1958).
115. S C H E N K, P.: Die Beeinflussung des Kraftstoff-
wechsels durch sportliche Arbeit, ihre Be-
gleit- und Folgeerscheinungen. In: Sport-
ärztetagung 1925, Seite 79. G.Fischer Verlag
Jena (1926).

116. S C H E R R E R, M., und J. H O D L E R: Der alveolo-arterielle Partialdruckgradient und seine Komponenten bei schwer arbeitenden gesunden Versuchspersonen. Schweiz. Med. Wschr. 95, 1781 (1966).
117. - : Altersabhängigkeit des alveolo-arteriellen pO_2 -Gradienten während Schwerarbeit in akuter leichter Hypoxie, entsprechend 2750 m ü.M. Schweiz. Zschr. Sportmed. 14, 61 (1966).
118. - und A. B I R C H L E R: Altersabhängigkeit des alveolo-arteriellen O_2 -Partialdruckgradienten bei Schwerarbeit in Normoxie, Hypoxie und Hyperoxie. Med. thorac. 24, 99 (1967).
119. S T E G E M A N N, J. und D. B Ö N I N G: Die Wirkung erhöhter Metabolitenkonzentrationen im Muskel auf die Ventilation. Pflügers Arch. ges. Physiol. 294, 214 (1967).
120. S U S K I N D, M., B.A. B R U C E, M.E.
M c D O W E L L, P.N.G. Y U, and F.W. L O V E J O Y:
Normal variations in end-tidal air and arterial blood carbon dioxide and oxygen tensions during moderate exercise. J. appl. Physiol. 3, 282 (1950).
121. U L M E R, W.T. und G. R E I C H E L: Untersuchungen über die Altersabhängigkeit der alveolären und arteriellen Sauerstoff- und Kohlensäuredrucke. Klin. Wschr. 41 (1), 1 (1963).
122. V A L E N T I N, H., G. W O R T H, L. G A S T -
H A U S, W. L Ü H N I N G und K. W E R N E R:

Simultane spiographische und blutgasanalytische Untersuchungen bei der Silikose unter Arbeitsbelastungen. Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 16, 86 (1957).

123. V E N R A T H, H.: Zur Pathophysiologie der chronischen Bronchitis und des Lungenemphysems. Beitr. Klin. Tbk. 133, 203 (1966).
124. V R E D E N, E.: Sauerstoff- und Kohlensäurepartialdruckbestimmungen im arteriellen Blut während körperlicher Belastung. Verh. dtsh. Ges. Inn. Med. 69, 661 (1963).
125. W A S S E R M A N N, K.: Lactate and related acid-base and blood gas changes during constant load and graded exercise. Can. Med. Ass. J. 96, 775 (1967).
126. W E S T, J. B., S. L A H I R I, S. B. G I L L, J. S. M I L L E D G E, L. G. C. E. P U G H, and M. P. W A R D: Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude. J. appl. Physiol. 17 (4), 617 (1962).
127. - : Exercise limitations at increased altitudes. Med. thorac. 24, 333 (1967).
128. W H I T E H E A D, T. P.: Acid-base status, p_H , and pCO_2 . Lancet 2, 1015 (1965).
129. W I T S C H I, H. P. und M. S C H E R R E R: Bedeutung und Messung des alveolären Totraumes. Helv. med. Acta 27, 155 (1960).
130. W O I T O W I T Z, H.-J., D. S Z A D K O W S K I und G. L E H N E R T: Feldstudie zum Normverhalten der arteriellen Blutgase und des pH berufstätiger Männer und Frauen vor und

gegen Ende dosierter Belastung im Hinblick auf die Begutachtung. Arch. Kreisl. Forsch. 58, 36 (1969).

131. - , G. S C H Ä C K E und R.-H. W O I T O W I T Z: Arterielle Blutgase berufstätiger Männer und Frauen vor und gegen Ende abgestuft dosierter Belastung. Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 25, 124 (1969).
132. W O R T H, G. und H. V A L E N T I N: Bewirkt die Staubinhalation bei Bergarbeitern eine akute respiratorische Insuffizienz? Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 14, 37 (1955).
133. - , K. M U Y S E R S und F. S I E H O F F: Zur Problematik der Normwerte der arteriellen O_2 - und CO_2 -Partialdrucke sowie der alveolo-arteriellen O_2 - und CO_2 -Druckgradienten im Rahmen arbeitsmedizinischer Fragen. Med. thorax. 20, 223 (1963).
134. A S T R U P, P.: Ultra-micro-method for determination of pH, pCO_2 and standard bicarbonats in capillary blood. In: Woolmer, R. F., and J. Parkinson: A symposion on pH blood measurement. Churchill, London (1959).
135. B A R T E L S, H., W. B U R G E R, W. E S C H W E I L E R und D. L A U E: Das "Haemoxytensiometer". Ein Apparat zur routinemäßigen Bestimmung des Sauerstoffdruckes im Vollblut. Pflügers Arch. ges. Physiol. 254, 2 (1951).
136. B E R G L U N D, E., R. M A L M B E R G, and S. S T E N - H A G E N: Determination of carbon dioxide tension of whole blood by pH measurements and interpolation. Scandinav. J. Clin. Lab. Invest. 16, 185 (1964).

137. CLARK, L.-R., R. WOLF, D. GRANGER, and Z. TAYLOR: Continuous recording of blood oxygen tensions by polarography. J. appl. Physiol. 6, 189 (1953).
138. DU BOIS, D.: A glass electrode for testing the pH of blood. Science (Lancaster, Pa.) 2, 441 (1932).
139. GLEICHMANN, U. und D. W. LÜBBERS: Die Messung des Kohlensäuredruckes in Gasen und Flüssigkeiten mit der $p\text{CO}_2$ -Elektrode unter besonderer Berücksichtigung der gleichzeitigen Messung von $p\text{O}_2$, $p\text{CO}_2$ und p_{H} im Blut. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271, 456 (1960).
140. HASSELBALCH, K. A.: Neutralitätsregulation und Reizbarkeit des Atemzentrums in ihren Wirkungen auf die Kohlensäurespannung des Blutes. Biochem. Z. 46, 403 (1912).
141. - : Die Berechnung der Wasserstoffzahl des Blutes aus der freien und gebundenen Kohlensäure und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl. Biochem. Z. 78, 113 (1916).
142. HASTINGS, A. B., J. SENDROY, and D. D. VAN SLIKE: Studies of gas and electrolyte equilibria in blood. J. Biol. Chem. 79, 183 (1928).
143. HENDERSON, L. J., and C. D. MURRAY: Blood as a physico-chemical system. J. Biol. Chem. 65, 407 (1925).
144. KNIPPING, H. W., H. PASCHEN und W. STEIN-MEYER: Untersuchungen über die Arbeitsatmung. Zbl. inn. Med. 1938, 881.
145. LECOMTE DU NOÛY, P.: Perfectionnements à l' électrode d' hydrogène pour la mesure de la concentration en ions hydrogène des solutions. C. R. Acad. Sci. (Paris) 195, 1265 (1932).

146. L E H M A N N , G.: Praktische Arbeitsphysiologie, Thieme, Stuttgart 1952.
147. R I L E Y , R. L., D. D. P R O E M M E L, and R. E. F R A N K E: Direct method for determination of O_2 and CO_2 tensions in blood. J. Biol. Chem. 161, 621 (1945).
148. S C H O L A N D E R, P. F., S. C. F L E M I S T E R, and L. I R V I N G: Microgasometric estimation of blood gases: Combined CO_2 and O_2 . J. Biol. Chem. 169, 173 (1947).
149. S E N D R O Y, J. R., T. D I L L O N, and D. D. V A N S L Y K E: Studies of gas and electrolyte equilibria in blood. J. Biol. Chem. 105, 597 (1934).
150. S E V E R I N G H A U S, J. W., and A. F. B R A D L E Y: Electrodes for blood pO_2 and pCO_2 determination. J. appl. Physiol. 13, 515 (1958).
151. S I G G A A R D - A N D E R S E N, O., K. E N G E L, K. J Ø R G E N S E N, and P. A S T R U P: A new method for determination of pH, carbon dioxide tension, base excess and standard bicarbonate in capillary blood. Scandinv. J. Clin. Lab. Invest. 12, 172 (1960).
152. - : The pH, log PCO_2 blood acidbase nomogram revised. Scandinv. J. Clin. Lab. Invest. 14, 598 (1962).
153. S T A D I E, W. C.: The oxygen tension of the arterial and venous blood in pneumonia and its relations to cyanosis. J. of Exper. Med. 30, 215 (1919).
154. V A L E N T I N, H. und G. L E H N E R T: Die Erkrankungen von Herz und Kreislauf und ihre Beziehungen zur Arbeitsmedizin. Therapiewoche 18, 21, 878 (1968).

155. V A L E N T I N, H.: Sozial- und arbeitsmedizinische Aspekte des chronischen unspezifischen respiratorischen Syndroms. Med. Klinik 33, 1281 (1968).
156. -- und H.-J. W O I T O W I T Z: Zur Funktion und Dynamik von Herz und Kreislauf und ihre Erfassung durch Funktionsanalysen. Ver. Dtsch. Ges. Arbeitsschutz 10, 255 (1969).

Lebenslauf

Am 23. April 1945 wurde ich, Bernd Krämer, als 5. Kind des Hauptschullehrers Josef Lewinsky und seiner Frau Maria, geb. Pergner, in Aussig -damals Sudetenland- geboren. Kurz nach Kriegsende kamen meine Eltern ums Leben.

Nach einem mehrjährigen Aufenthalt in München wurde ich als Adoptivsohn von dem Ehepaar Hans Krämer, Drogerieinhaber in Regensburg, und seiner Frau Grete, geb. Lojek, aufgenommen.

Dort besuchte ich vier Klassen Volksschule und anschließend die Oberrealschule, an der ich im Juli 1965 das Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1965/66 begann ich das Medizinstudium an der Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen.

Nach fünf Semestern legte ich dort die Ärztliche Vorprüfung ab. Im Juli 1971 bestand ich in Erlangen die Ärztliche Prüfung mit der Gesamtnote " sehr gut ".

Gegenwärtig bin ich als Medizinalassistent an der Hedwigs-Klinik in Regensburg tätig.

Regensburg, im Juli 1972

Bernd Krämer

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hegl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
